

ARTICLE V.—The Library shall be divided into TWO CLASSES ; the first comprising such works as, from their rarity or value, should not be lent out, all unbound periodicals, and such text books as ought to be found in a library of reference except when required by Committees of the Institute, or by members or holders of second class stock, who have obtained the sanction of the Committee. The second class shall include those books intended for circulation.

ARTICLE VI.—The Secretary shall have authority to loan to Members and to holders of second class stock, any work belonging to the SECOND CLASS, subject to the following regulations:

Section 1.—No individual shall be permitted to have more than *two books* out at one time, without a written permission, signed by at least two members of the Library Committe; nor shall a book be kept out more than TWO WEEKS ; but if no one has applied for it, the former borrower may renew the loan. Should any person have applied for it, the latter shall have the preference.

Section 2.—A FINE OF TEN CENTS PER WEEK shall be exacted for the detention of a book beyond the limited time ; and if a book be not returned within three months it shall be deemed lost, and the borrower shall, in addition to his fines, forfeit its value.

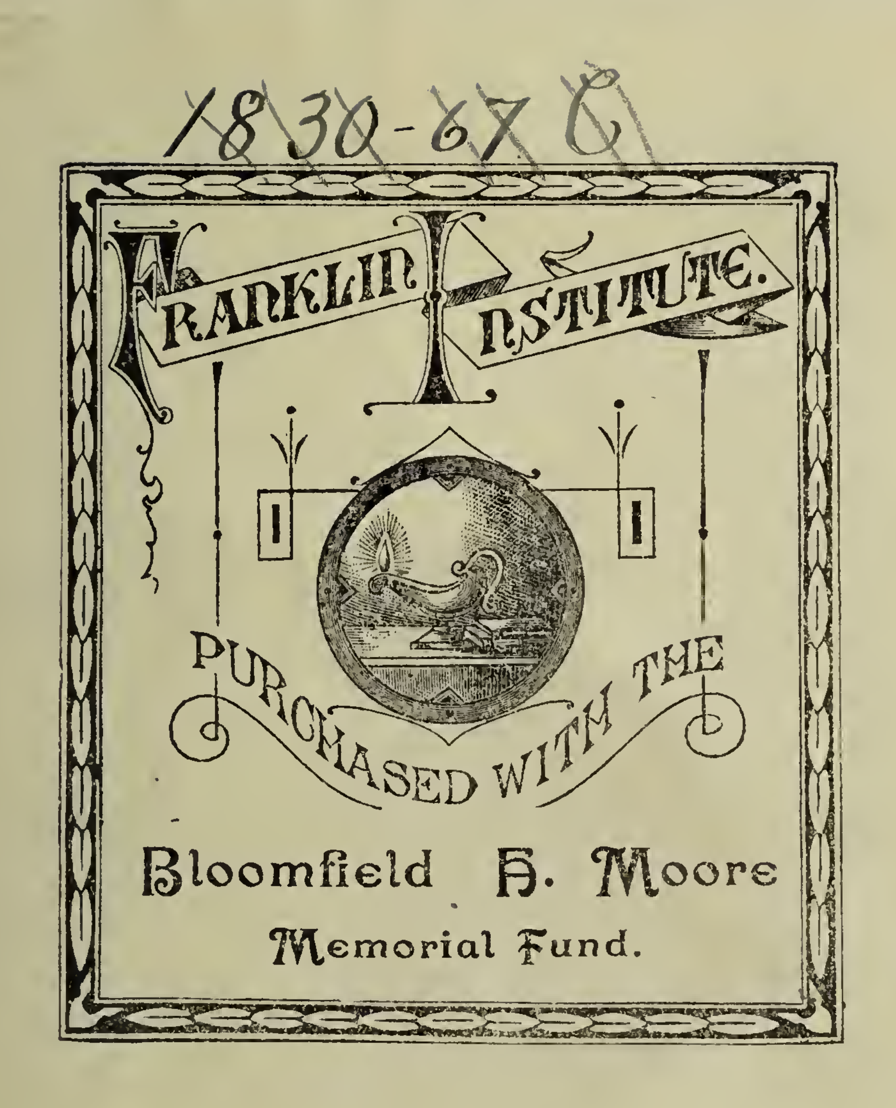
Section 3.—Should any book be returned injured, the borrower shall pay for the injury, or replace the book, as the Library Committee may direct; and if one or more books, belonging to a set or sets, be lost, the borrower shall replace them or make full restitution.

ARTICLE VII.—Any person removing from the Hall, without permission from the proper authorities, any book, newspaper or other property in charge of the Library Committee, shall be reported to the Committee, who may inflict any fine not exceeding twenty-five dollars.

ARTICLE VIII.—No member or holder of second class stock, whose annual contribution for the current year shall be unpaid or who is in arrears for fines, shall be entitled to the privileges of the Library or Reading Room.

ARTICLE IX.—If any member or holder of second class stock, shall refuse or neglect to comply with the foregoing rules, it shall be the duty of the Secretary to report him to the Committee on the Library.

ARTICLE X.—Any Member or holder of second class stock, detected in mutilating the newspapers, pamphlets or books belonging to the Institute shall be deprived of his right of membership, and the name of the offender shall be made public.


Franklin Institute.
Purchased with the
Bloomfield H. Moore
Memorial Fund.

Elektro-technische Bibliothek. Band XLIV.

Die elektrische

Schweissung und Löthung.

Von

Etienne de Fodor

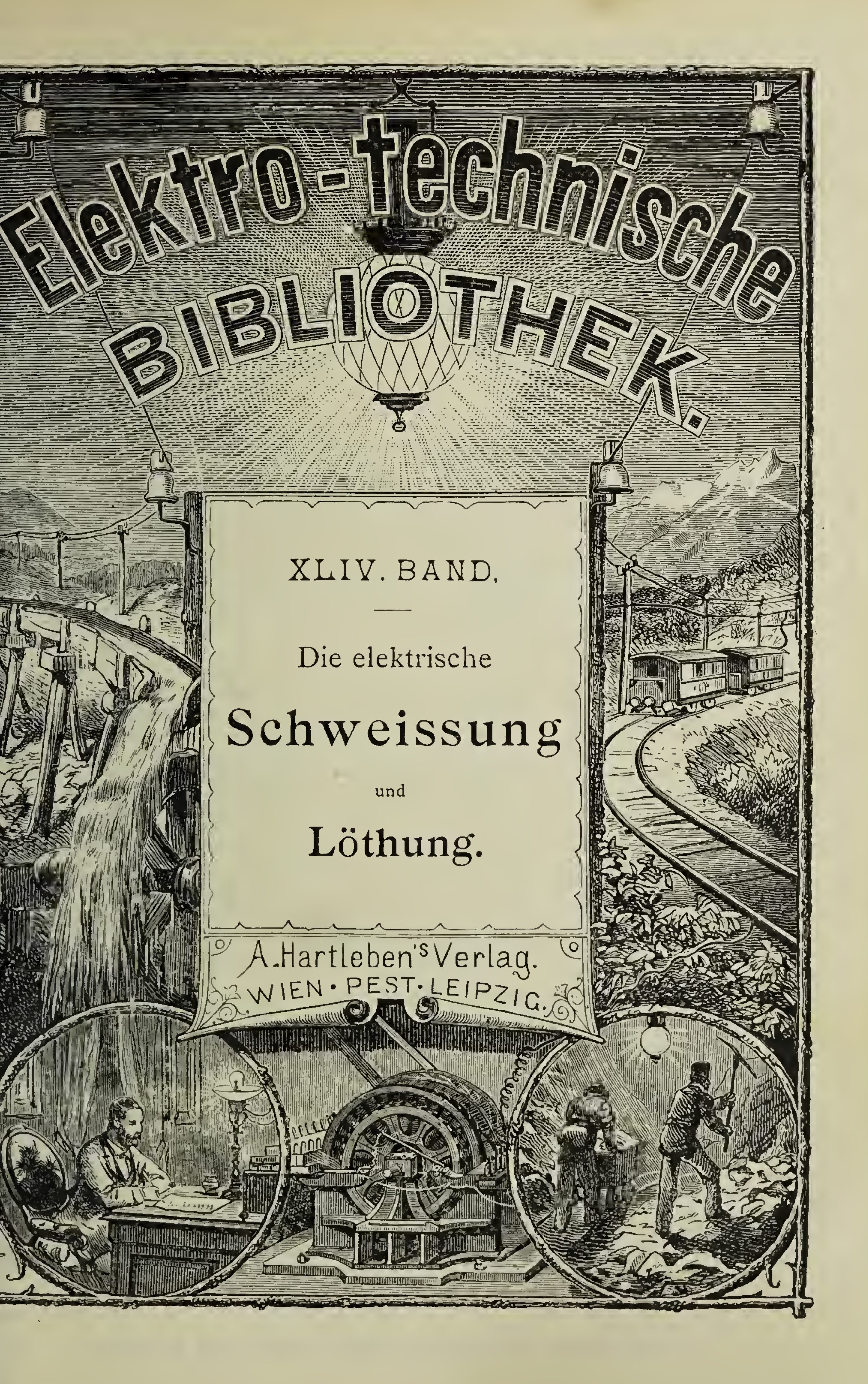
Director der elektrischen Centralstation in Athen.

Mit 138 Abbildungen.

WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.


Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
XLIV. BAND.
Die elektrische
Schweissung
und
Löthung.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

Die elektrische

Schweissung und Löthung.

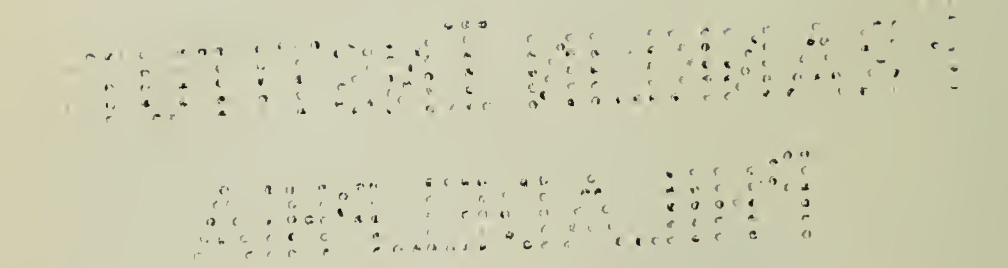
Von

Etienne de Fodor
Director der elektrischen Centralstation in Athen.

Mit 138 Abbildungen.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1892.



Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Obwohl kaum ein Jahrzehnt seither verflossen ist, dass man es versuchte, die Wärmewirkungen des elektrischen Stromes zur Schweissung, Löthung, Schmelzung und Härtung von Metallen auf industrielle Weise zu verwerthen, giebt es heute schon zahlreiche Productionszweige, welche ausschliesslich auf der elektrischen Metallbearbeitung beruhen. Die mit der letzteren erzielten praktischen Resultate geben uns genug Stoff zu eingehenderer Erwägung der Frage, ob denn nicht auch schon für die Metallurgie jener Zeitpunkt nahe sei, in welchem die Alles umwandelnde Elektricität auch hier eine Umwälzung der bisher gebräuchlichen Herstellungsverfahren und handwerksmässigen Bearbeitung hervorrufen werde.

Diese Frage haben sich viele schaffensfreudige Geister aufgeworfen und der Inhalt dieses Buches giebt uns Aufschluss, was in einer kurzen Spanne Zeit auf diesem Gebiete geleistet oder angestrebt wurde. Es giebt viel Unausführbares und Unpraktisches in All dem, was eine Schaar von Erfindern patentirt erhielt; viele von den neuen Verfahren haben nie eine praktische Durchprobung erfahren; trotz alledem aber giebt es

genug gute Ideen und genug praktische Sachen unter den vielen, welche wir in diesem Buche verzeichnet haben, um an eine gute Zukunft der elektrischen Metallbearbeitung glauben zu können.

Der Verfasser sagt hiermit Dank allen jenen Personen, welche ihn mit persönlichen Informationen unterstützten, und empfiehlt das vorliegende Werk der freundlichen Nachsicht des geneigten Lesers.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniss.

Namen- und Sach-Register.

Allgemeines.

Das elektrische Schweiss-, Schmelz- oder Löthverfahren besteht im Hauptsächlichen darin, dass die Erwärmung der zu bearbeitenden Metallstücke mittelst des elektrischen Stromes geschieht.

Je nach der Beschaffenheit der Arbeitsstücke ist das elektrische Verfahren ein verschiedenes. Die bekanntesten Arten desselben sind folgende:

I. Die zu bearbeitenden Metallstücke werden auf die Schweisstemperatur gebracht und dann durch Zusammenstauchen, -Hämmern, -Pressen oder -Drehen mit einander vereinigt. Es ist dies das Schweissverfahren.

II. Die Arbeitsstücke werden an der Verbindungsstelle ins Schmelzen gebracht und in diesem Zustande mit einander vereinigt. Es wird dies das Schmelzverfahren genannt.

III. Die Stücke werden mittelst eines anderen Metalles, mit Loth, mit einander vereinigt. Es ist dies also das Löthverfahren.

Ausser diesen Verfahren giebt es noch verschiedene andere, bei welchen die Arbeitsstücke nicht unmittelbar

sondern indirect durch den elektrischen Strom erwärmt und hernach zusammengefügt werden.

Solche Verfahren sind:

IV. Die Arbeitsstücke werden in die Nähe eines oder mehrerer Lichtbogen gebracht und erhalten ihre Wärme von diesem sogenannten »elektrischen Schmiedefeuer«.

V. Die Arbeitsstücke werden mit einem vom Strom erhitzten, wärmeabgebenden Medium umhüllt und vermittelst desselben auf die gewünschte Temperatur gebracht.

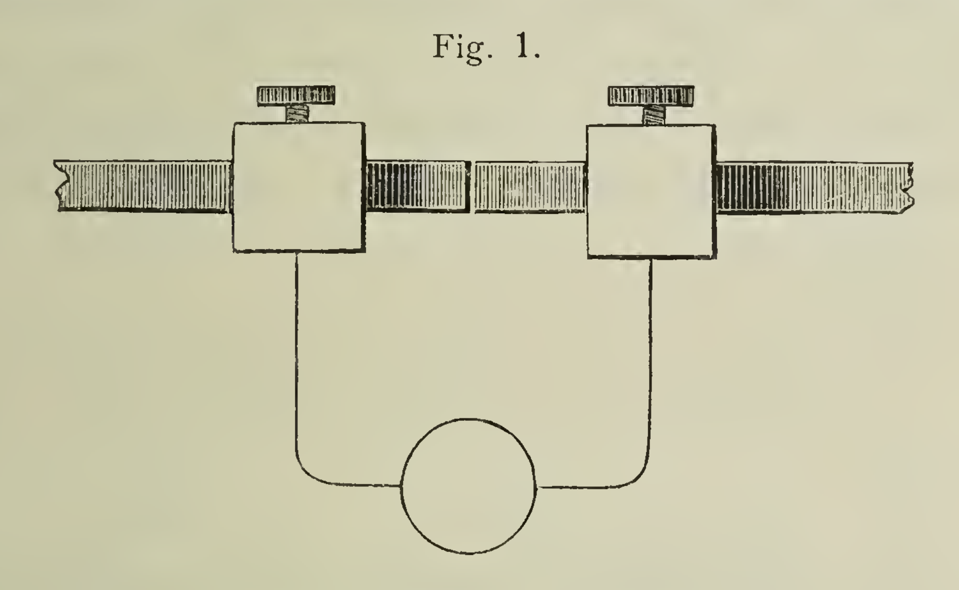
VI. In den Arbeitsstücken werden mittelst eines wechselnden magnetischen Feldes Wirbelströme inducirt, welche eine Erwärmung in jenen Theilen der Stücke hervorbringen, wo sie am intensivsten auftreten.

Das Schweissverfahren.

Das Schweissverfahren besteht im Hauptsächlichen aus folgendem Vorgange: Die Arbeitsstücke werden in den Stromkreis einer Elektricitätsquelle eingeschaltet und so nahe zu einander gebracht, dass sich ihre Enden berühren. (Fig. 1.) Der elektrische Strom welcher durch die Stücke geht, erhitzt dieselben an ihrer Contactstelle, welch' letztere auch zugleich den grössten Widerstand im Stromkreise repräsentirt. Während dieser Zeit wird auf die Arbeitsstücke ein mechanischer Druck ausgeübt, durch welchen die sich berührenden Enden fest an einander gepresst

werden. Während der Strom die Metallstücke an der Contactstelle bis zur Schweisstemperatur erhitzt, folgt der Druck den weich werdenden Enden, bis eine vollständige Vereinigung oder »Schweissung« hergestellt ist.

Fig. 1.



Die Schweisstemperatur.

Als Schweisstemperatur eines Metalles soll hier jene Temperatur angesehen werden, bei welcher das Metall weich und mehr oder weniger teigig bleibt, ohne dass es schmilzt. Besonders Eisen hat eine ausgeprägte Schweisstemperatur. Es ist bei Rothglühhitze schmiedbar, in Weissglühhitze aber wird es so teigig, dass, wenn zwei auf ähnliche Temperatur gebrachte Stücke zusammengepresst werden, sie sich fest mit einander vereinigen.

Andere Metalle erhalten sich nur sehr kurze Zeit auf der Schweisstemperatur und gehen schnell vom festen in den flüssigen Zustand über. Manche Metalle werden in der erhöhten Temperatur, welche sie dem Schmelzpunkt nähert, bröckelig und zerreibbar. Es ist durch die Natur der Metalle eine Grenze

gegeben, innerhalb welcher das eigentliche Schweissverfahren angewendet werden kann und über welche hinaus das directe Zusammenschmelzen oder Zusammenlöthen angewendet werden muss. Nichtsdestoweniger bleibt es eine Thatsache, dass Metalle, welche bei Anwendung des gewöhnlichen Verfahrens nicht »geschweisst« werden konnten, nun durch Anwendung des elektrischen Verfahrens »schweissbar« geworden sind; das heisst: mit einander vereinigt werden können, bevor sie noch ins eigentliche Schmelzen gerathen.*)

Die Ursache dieser Ueberlegenheit des elektrischen über das gewöhnliche Schweiss-Verfahren liegt in dem Umstande, dass mit dem elektrischen Strom jede gewünschte Temperatur erzielt und auch während jeder beliebigen Zeit beinahe constant erhalten werden kann. Manche Metalle wurden bisher deswegen als nicht schweissbar angesehen, weil ihre Schweisstemperatur nicht genügend ausgenützt werden konnte, indem dieselbe kaum aufgetreten, sofort in die Schmelztemperatur überging. Mit dem elektrischen Verfahren aber kann die Schweisstemperatur leicht gefunden und in beliebig langer Zeit nahezu constant erhalten werden.

Varianten des directen Verfahrens.

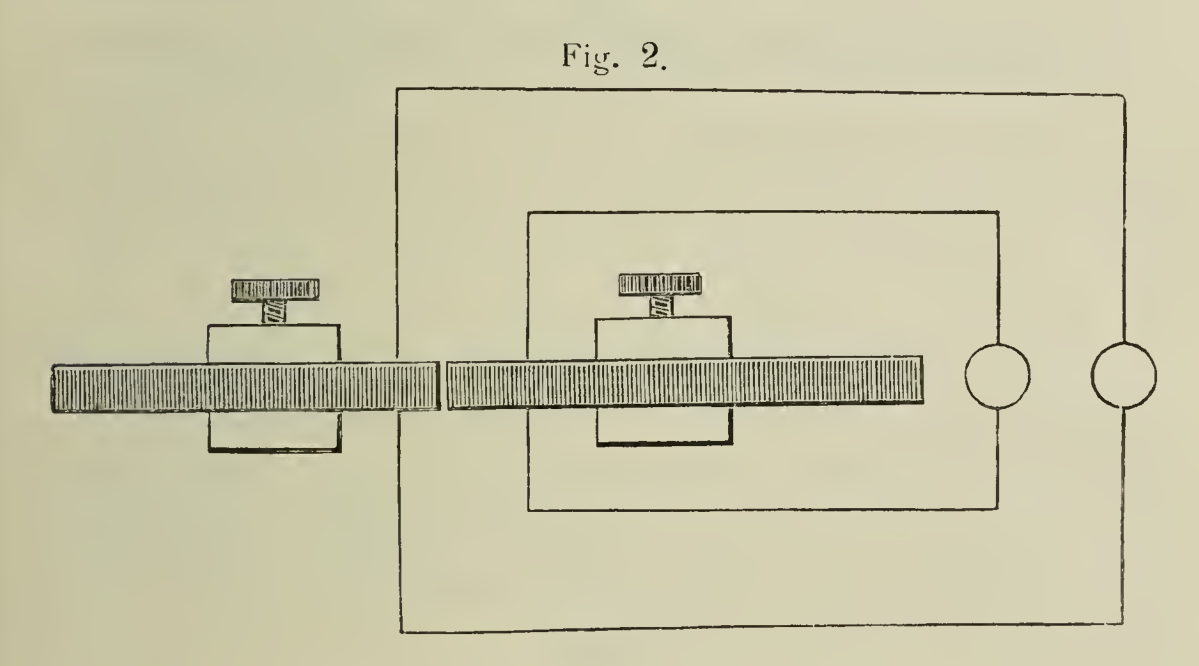
Die nachstehenden Varianten des Schweissverfahrens sind von Coffin**) angegeben worden.

*) Bei Anwendung des elektrischen Verfahrens können Stücke aus Gusseisen, Messing, Bronze, Zink, Zinn u. s. w. durch einfaches Zusammenstauchen mit einander vereinigt werden. Ebenso können Stücke aus verschiedenen Metallen mit einander verschweisst werden, wie z. B. Eisen mit Messing, Kupfer mit Eisen u. s. w. u. s. w.

**) Amerik. Patente Nr. 423.732; 423.734; 423.735. Appl. fil. Nov. 12, 1889; Nov. 19, 1889; Dec. 7, 1889. Von einer praktischen Verwerthung dieser Patente ist nicht viel bekannt geworden.

1. Die Arbeitsstücke werden, wie beim directen Verfahren, auf solche Weise zusammengebracht, dass sie an einander gepresst sind. Der Stromkreis wird geschlossen und plötzlich werden die Stücke von einander gezogen, so dass sich zwischen ihnen ein Lichtbogen bildet. Hat der letztere die Stücke genügend erhitzt, so werden dieselben wieder aneinandergepresst und die Schweissung geht von statten.

Fig. 2.



2. Die Arbeitsstücke werden nahe an einander geführt und zwischen dieselben wird ein Stück eines elektrischen Leiters von grossem elektrischen Widerstande eingeführt. Das Zwischenstück erhitzt sich durch den elektrischen Strom und theilt seine Wärme den Arbeitsstücken mit, welch' letztere dann nach Entfernung des Zwischenstückes zusammengepresst werden, so dass die Schweissung stattfindet.

3. Das Ende jedes Arbeitsstückes wird, getrennt vom anderen, durch den Durchgang eines elektrischen Stromes erhitzt. Sobald die Stücke genügend weich sind,

wird der Stromkreis unterbrochen und die Schweissung findet durch Zusammenpressung der Stücke statt. (Fig. 2).

4. Die Arbeitsstücke werden in Umhüllungen aus schwerer schmelzbaren Substanzen (Graphit u. s. w.) eingeführt, und sind es diese Umhüllungen, welche so lange durch den elektrischen Strom erhitzt werden, bis die von ihnen eingeschlossenen Arbeitsstücke genügend weich geworden sind, um mittelst Zusammenpressung an einander geschweisst werden zu können.

5. Die Arbeitsstücke werden nahe an einander gebracht, so dass sie sich berühren. Jedes davon ist mit einem Pole einer Elektricitätsquelle verbunden. Der Stromkreis wird geschlossen und der Strom erwärmt die im kurzen Schluss liegenden Arbeitsstücke. Zu gleicher Zeit wird die Verbindung der Stücke mit einem elektrischen Leiter berührt, dessen eines Ende mit einem Pol der Elektricitätsquelle verbunden ist, während das andere die Schweissung berührt.*) (Fig. 3.)

6. Eine weitere Methode Coffin's besteht darin, die Enden oder Schneiden der zu schweissenden Stücke in Contact zu bringen und die Berührungsstelle mit einem elektrischen Leiter zu umgeben oder in denselben einzuklemmen. Hierauf wird eines der Arbeitsstücke mit einem Pol der Elektricitätsquelle verbunden, während die Klemme, welche die Arbeitsstücke umgibt, an den anderen Pol angeschlossen wird. In den derart hergestellten Stromkreis wird ein starker Strom ge-

*) Amerik. Patent Nr. 425.164. Appl. fil. Nov. 6. 1889.

sendet, welcher die Berührungsstelle der Arbeitsstücke infolge ihres Widerstandes erhitzt.*) (Fig. 4).

Fig. 3.

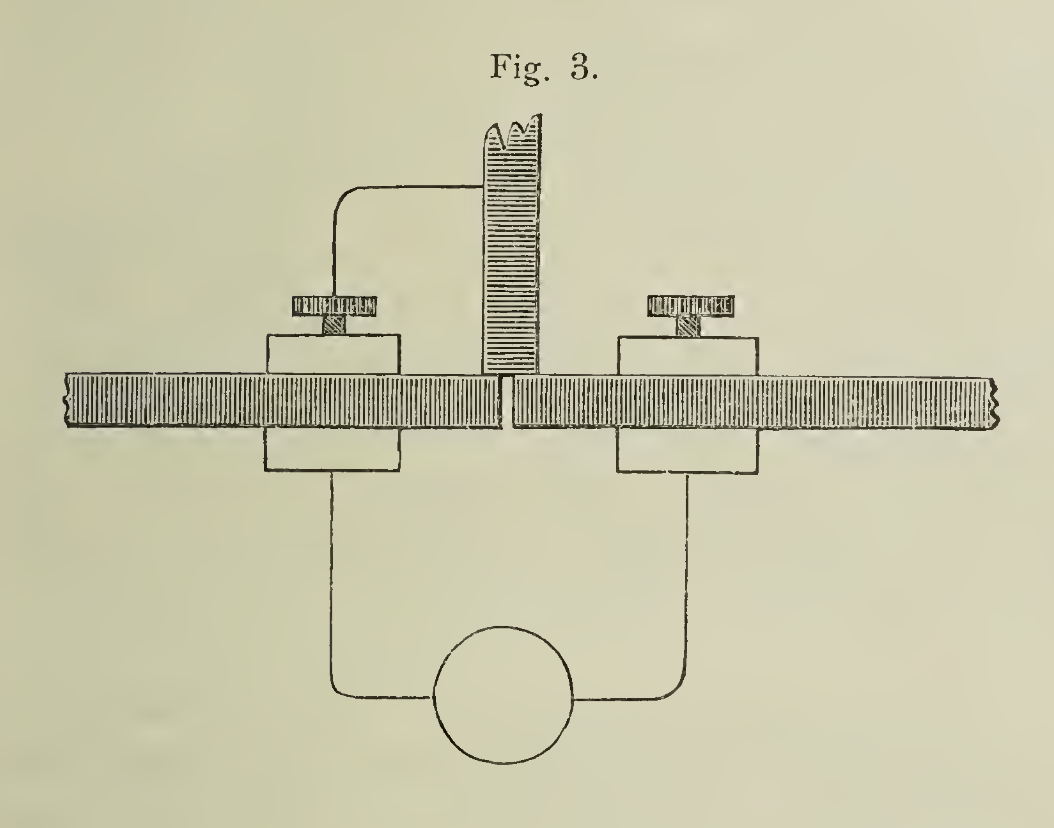
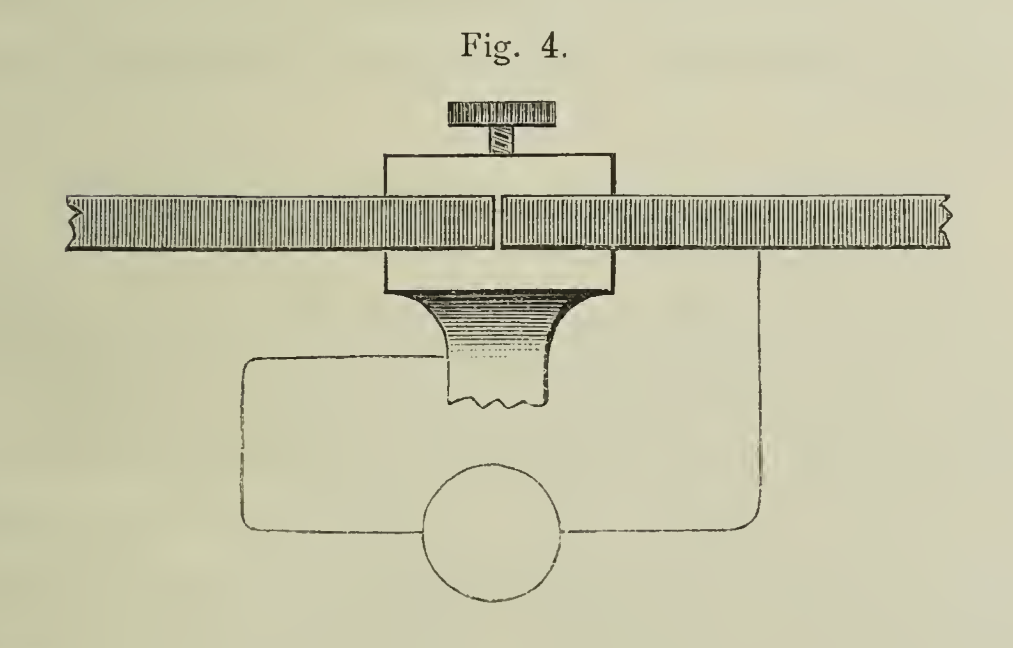


Fig. 4.



*) Amerik. Patent Nr. 435,283. Appl. fil. Dec. 2. 1889.

Stromerforderniss.

Das elektrische Schweissverfahren verlangt Ströme von geringer Potentialdifferenz und grosser Intensität. Dieselben können hervorgebracht werden:

1. Durch Anwendung von Accumulatoren;

2. durch Anwendung einer Dynamomaschine, deren Anker einen ausserordentlich geringen Widerstand hat und welche den Strom direct an die Arbeitsstücke abgiebt. In diesem Falle muss, um Energieverlusten in den Stromleitern vorzubeugen, die Dynamo ganz nahe zum Schweissapparat angebracht werden. Gewöhnlich befindet sich der letztere auf einer Platte, welche gerade oberhalb der Dynamo befestigt ist.

3. Durch eine Gleichstrom- oder Wechselstrommaschine, welche einen Strom von verhältnissmässig hoher Potentialdifferenz erzeugt, welcher dann von einem mit dem Apparat verbundenen Transformator in einen Strom von geringer Spannung und grosser Intensität umgewandelt wird.

Anwendung des Schweiss-Verfahrens.

Man kann sagen, dass das elektrische Verfahren bei allen in der Industrie gebräuchlichen Metallen mit Erfolg angewendet werden kann. Natürlich variirt die Vollkommenheit der erreichten Verbindung mit der Structur der Metalle und mit den Umständen, unter welchen die Arbeit stattgefunden hat. Manche elektrisch erhitzte Metalle verbinden sich als Legirungen mit einander, und in manchen Fällen ist die erzielte Verbindung eine derartig gute, dass sie eine Zugsfestigkeit

gleich jener der beiden Metalle oder gleich jener des schwächeren der beiden Metalle besitzt. In anderen Fällen wieder ist die Verbindung eine undichtere, was von grossen Differenzen in den physikalischen Eigenschaften der zu vereinigenden Metalle (oder Legirungen), oder auch von deren Neigung zu oberflächlicher Vereinigung herrührt.*)

Die auf elektrischem Wege zu vereinigenden Stücke können Stangen oder Barren von verschiedenem Querschnitt, Röhren, Platten u. s. w. sein. Die Form der Stücke ist von geringer Bedeutung, vorausgesetzt natürlich, dass dieselben ein festes Einspannen in die den Strom zuführenden Klammern und eine leichte Manipulation gestatten.

Die Grösse der schweissbaren Werkstücke ist blos durch die Grösse des Apparates und durch die zur Verfügung stehende mechanische Kraft begrenzt. Es ist klar, dass die Anwendbarkeit und der Nutzeffect des elektrischen Schweissverfahrens natürliche Grenzen haben, welche noch nicht ganz bestimmt sind. Es sollte nie angenommen werden, dass das elektrische Verfahren alle anderen Schweissverfahren ersetzen kann, ebensowenig Leuchtgas, Oel oder Kerzen durch das elektrische Licht ganz verdrängt werden können. Eines ist sicher, dass das elektrische Verfahren in äusserst kurzer Zeit bedeutende Fortschritte gemacht hat und noch machen wird.

Das elektrische Schweissverfahren muss seinen eigenen Weg verfolgen, um in die Praxis überzugehen.

---

*) Siehe Prof. Elihu Thomson's Vortrag im Iron and Steel-Institute, New-York, 1890.

Schon heute gibt es gewisse Industrien, welche nur auf dem elektrischem Verfahren fussen und nur durch dasselbe Existenzberechtigung haben. Wir sehen in Amerika eigene Werkstätten erstehen, in welchen Räder, Reifen, Ketten, Rohre, Hülsen u. s. w. auf elektrischem Wege geschweisst, gebogen, gepresst und geformt werden. Die Möglichkeit, mittelst Elektricität an einem und demselben Stücke zu gleicher Zeit mehrere Schweissungen vornehmen zu können, hat die fabriksmässige Erzeugung von solchen Artikeln möglich gemacht, deren Herstellung früher viel Zeit und Mühe erforderte. Die elektrische Schweissung wird anfangs nur dort auf Erfolg rechnen können, wo das handwerksmässige Verfahren eben unanwendbar ist und wo es Neues zu schaffen giebt.*) Dort aber, wo es sich darum handeln sollte, die elektrische Schweissung einfach an Stelle eines bereits bestehenden handwerksmässigen Verfahrens zu setzen, sind die Aussichten für das elektrische Verfahren vorderhand noch ungünstig.

Die Vorzüge des elektrischen Schweissverfahrens.

Als Vorzüge des elektrischen Schweissverfahrens werden von den Erfindern angeführt:

Die homogene Beschaffenheit der Schweissung. Die Thomson Electric Welding Co. behauptet, die Structur des Metalles an der Schweissstelle sei dieselbe

*) Prof. Elihu Thomson, der Begründer des industriellen elektrischen Schweissverfahrens, sagt selbst: »I would say, howewer, in general, that the tendency in the development of electric welding seems to be to produce new processes or to give rise to new applications of mechanical principles.«

wie in allen anderen Theilen der Arbeitsstücke, während andere Erfinder noch weiter gehen und sagen, die Structur der Schweissung sei eine dichtere als jene der übrigen Theile. Wir werden übrigens auf dieses Thema noch zurückkommen.

Die Möglichkeit der Temperatur-Regulirung, nachdem durch einfache Vorrichtungen das Metall für jede gewünschte Zeit auf jeder gewünschten Temperatur erhalten werden kann.

Die Möglichkeit der Ueberwachung des Schweissprocesses. Das erhitzte Metall bleibt fortwährend genau sichtbar, während dasselbe beim Schmieden durch Kohle und Flamme dem Auge unsichtbar gemacht wird.

Undichtheiten der Schweissung sind beinahe ausgeschlossen, nachdem die Vereinigung der Arbeits-Stücke im Innern der Schweissung beginnt. Uebrigens kann jede Undichtheit leicht erkannt und verhindert werden.

Rapidität. Bei geringen Querschnitten der Arbeitsstücke ist der Schweissprocess beinahe ein augenblicklicher; bei grösseren Stücken erfordert er kaum einige Secunden.

Vielartigkeit in der Gebrauchsanwendung, indem das Verfahren auf verschiedene Arten und Formen von Metallen und Legirungen ausgedehnt werden kann.

Genauigkeit, weil die Arbeitsstücke in beliebiger Position festgehalten werden können und nichts dem Zufall anheimgestellt wird.

Localisirung der Hitze auf die Schweissstelle und demzufolge keine Wärmeeffecte an schädlicher Stelle.

Sauberkeit der Arbeit, welche bei anderen Verfahren nicht so vollkommen erreicht werden kann.

Verhütung von Funkensprühung, von Rissen und Sprüngen, oder anderen Beschädigungen an den Arbeitsstücken.

Oekonomie in Arbeit, Zeit und Material in manchen speciellen Fällen.

Der Kostenpunkt.

Bei Beurtheilung des elektrischen Schweissverfahrens wird man gut thun, vorderhand den Kostenpunkt aus dem Auge zu lassen. Es ist klar, dass selbst dort, wo eine Schweissmaschine in constantem Gebrauche ist, das elektrische Verfahren dem gewöhnlichen nicht überlegen sein kann, wenn es sich blos um die Kosten, nicht aber auch um die Qualität des erzielten Productes handelt.

Im gewöhnlichen Schmiedefeuer werden die Arbeitsstücke direct mit der Wärmequelle in Contact gebracht, und das an jeder Schmiede befindliche Gebläse ist ebenfalls im Stande, die Hitze mehr oder weniger auf die Schweissstelle zu localisiren. Beim elektrischen Verfahren ist die erzielte Wärme ein verschwindender Bruchtheil der zu ihrer Erzeugung aufgewendeten Energie. Selbst dort, wo die mechanische Kraft billig zu stehen kommt, werden die Kosten der

Erzeugung der elektrischen Energie höher sein als die des gewöhnlichen Schweissverfahrens.*)

Nur dort, wo es sich um massenweise Herstellung von Schweissungen handelt, wird das elektrische Verfahren billiger zu stehen kommen als die bis jetzt bekannten gewöhnlichen Verfahren, weil die Raschheit und der automatische Charakter der elektrischen Schweissung den ihr eigenthümlichen Mehraufwand an mechanischer Kraft reichlich wieder hereinbringen.

Um die Anschaffungskosten einer Installation für elektrische Schweissung herabzumindern, gehen die »Thomson Welding Companies« in folgender Weise vor. Bei Bestellung der Apparate hat der Abnehmer eine gewisse Summe für das Benützungsrecht des Verfahrens und für das Eigenthumsrecht auf die Aprate zu erlegen. Wenn die Installation durch drei bis vier Monate in zufriedenstellendem Betriebe gewesen ist, wird die Ersparniss berechnet, welche im Vergleiche zum gewöhnlichen Verfahren aus der Anwendung des elektrischen Verfahrens resultirt, und es wird nun auf Grund dieser Ersparniss die Abgabe festgestellt, welche der Client an die Verkäufer zu entrichten hat. Diese Abgabe wird für jede mit dem Apparate vollzogene Schweissung gerechnet und beträgt 25 bis 33 Procent des erzielten Ersparnisses. Ein an dem Apparat angebrachtes Zählwerk registrirt die Anzahl der stattgehabten Schweissungen ein.

---

*) Elihu Thomson weist auf die Verwendbarkeit der heissen Gase in Hochöfen, Giessereien u. s. w. hin, welche unbenützt entweichen und leicht zur Herstellung von billiger Dampfkraft für Schweisszwecke verwendet werden könnten.

Das Schmelzverfahren.

Das directe Schmelzverfahren besteht hauptsächlich im Folgenden: Die zu vereinigenden Stücke werden in den Stromkreis einer Elektricitätsquelle eingeschaltet, dieser Stromkreis wird an der Stelle, wo die beiden Stücke einander berühren, plötzlich geöffnet und es entsteht ein Lichtbogen, welcher die von einander gerissenen Stücke erhitzt. Bei der bekannt hohen Temperatur des Lichtbogens ist vorauszusetzen, dass die seinem Einfluss ausgesetzten Metallstücke an ihren Enden in Fluss gerathen werden. Die Stücke werden in diesem Zustande wieder zusammengeführt und sozusagen aneinander geschmolzen. Dieser Vorgang kann auch das directe Schmelzverfahren genannt werden.

Das indirecte Schmelzverfahren besteht im Hauptsächlichen darin, dass die zu vereinigenden Stücke wohl aneinander geführt werden, doch bildet nicht jedes Stück je einen Pol der Elektricitätsquelle, sondern die beiden Stücke bilden einen einzigen Pol. Der andere Pol wird gebildet durch irgend einen Stift, Kolben u. s. w. aus Kohle oder anderem schlecht leitenden Material, welcher den Arbeitsstücken genähert wird und mit selben den Lichtbogen herstellt. In der von letzterem erzeugten Hitze gerathen die Arbeitsstücke ins Schmelzen und werden in diesem Zustande miteinander vereinigt. Diese Verfahren sind von Benardos und Olszewski zuerst in ihren verschiedenen Formen beschrieben worden.

Das Löthverfahren.

Das Löthverfahren besteht im Hauptsächlichen darin, dass die zu vereinigenden Stücke mit Hilfe eines anderen leichtflüssigeren Metalles miteinander verbunden werden.

Die von dem elektrischen Strome in einem Leiter hervorgebrachte Wärme kann hiebei auf verschiedene Weisen verwerthet werden. Die bekanntesten Methoden sind:

1. Das Loth wird zwischen die Arbeitsstücke eingeführt, geräth durch die vom elektrischen Strom erzeugte Wärme in Fluss, worauf die Stücke zusammengepresst werden und hierdurch das Loth zwischen sich einschliessen.

2. Die Stücke werden auf gewöhnliche Handwerksart mit Loth zusammengelöthet, nur bedient man sich hiebei eines Löthkolbens, welcher, anstatt durch Kohlenfeuer, durch den elektrischen Strom erhitzt wird.

3. Die Löthung findet mittelst Lichtbogens statt, welcher der Einwirkung eines Elektromagneten ausgesetzt ist. In Folge dieser Einwirkung wird im Lichtbogen eine Gebläsewirkung hervorgerufen. Es ist dies eine Art elektrischen Löthrohrs oder Blaselampe.

Das Schweissverfahren.

Die Intensität und elektromotorische Kraft des Stromes.

Nach Joule ist die Quantität q der Wärme welche in einem elektrischen Leiter entwickelt wird proportionell: dem Widerstande r des Leiters, dem Quadrat der Intensität I des Stromes und der Zeit t, während welcher der Strom den Leiter durchfliesst.

$$q = \frac{r I^2 t}{A} \text{ *)}$$

(A ist das mechanische Aequivalent der Wärme).

Von den drei Factoren r, I^2 und t haben r und t verhältnissmässig geringe Werthe. Der elektrische Widerstand der Metalle ist im Vergleiche zu jenem

*) Dieses Gesetz mit jenem Ohm's:

$$I = \frac{E}{r}$$

combinirend, finden wir:

$$q = \frac{E I t}{A} = \frac{r I^2 t}{A}$$

Das Gesetz Faraday's lautet: Wenn eine Quantität Q Elektricität (ausgedrückt in Coulombs) während einer Zeit t einen

der anderen elektrischen Leiter, als Kohle u. s. w., ein geringer, ausserdem haben die Arbeitsstücke zumeist einen solch grossen Querschnitt, dass es sich hiebei auch um Widerstände von Hundertstel, Tausendstel und noch geringere Bruchtheile eines Ohm's handelt. Die Zeit der Schweissung muss, um Wärmeverluste zu vermeiden, ebenfalls so gering als möglich angenommen werden, und so bleibt denn als gewichtigster Factor des Schweissverfahrens die Intensität des Stromes. Dieselbe ist eine verhältnissmässig grosse und rechnet oft nach Tausenden von Ampères. In Folge des relativ geringen Widerstandes der Schweissstelle kann die Spannung des Stromes eine niedere sein und es kann als charakteristische Eigenschaft des Schweissverfahrens angenommen werden, dass hiebei Ströme von grosser Intensität und geringer elektromotorischer Kraft zur Anwendung kommen.

Die bei dem Schweissverfahren in Betracht kommende elektromotorische Kraft hängt von den verschiedenen Widerständen im Stromkreise und von der benöthigten Stromintensität ab.

Mit dem specifischen Widerstande des zu schweissenden Metalles variirt auch die elektromotorische

---

Leiter durchgeht, so wird die Intensität des Stromes durch das Verhältniss $\frac{Q}{t}$ definirt und wir haben: $Q = I\,t$.

Dieses Gesetz Faraday's mit jenem Joule's combinirend, finden wir:

$$q = \frac{Q\,E}{A}.$$

Kraft.*) Weitere Beeinflussung erleidet dieselbe auch durch die schädlichen Widerstände, von welchen später die Rede sein wird.

Gewöhnlich ist die elektromotorische Kraft des angewandten Stromes eine geringe. Sie übersteigt selten 5 Volts für grössere Arbeitsstücke. Bei kleineren Stücken von grossem Widerstande, wie z. B. Platin- oder Neusilberdrähte, werden etwas höhere Spannungen angewendet.

Wenn Wechselströme angewendet werden, ist auch die Selbstinduction im Stromkreis von Einfluss auf die *E M K.*

Manchmal ist es nothwendig, während des Fortganges der Schweissung auch die elektromotorische Kraft zu variiren, um den Wärmeffect entsprechend zu erhöhen oder zu vermindern. Manchmal wieder wird gesucht, an den Klemmen oder vielmehr an den Punkten, an welchen der Strom in die Arbeitsstücke geführt wird, eine constante oder nahezu constante Potentialdifferenz zu erhalten.

Die elektrischen Widerstände.

Die nützlichen Widerstände.

Wie wir bereits erwähnt haben, besteht das elektrische Schweissverfahren darin, dass die Arbeitsstücke in den Stromkreis einer Elektricitätsquelle eingeschaltet und von letzterer erwärmt werden. Man sieht hiebei

---

*) Die zur Schweissung von Eisen oder Stahl aufgewandte elektromotorische Kraft ist beispielsweise beinahe doppelt so gross, als jene für Kupfer von gleichem Querschnitte.

die Schweissstelle als jenen Theil des Stromkreises an, in welchem allein die Wärme auftreten soll. Es muss daher die Schweissstelle auch den grössten Widerstand im Stromkreise haben. Gäbe es einen absolut guten elektrischen Leiter, welcher gar keinen Widerstand besitzt, so wäre die Hervorbringung eines Wärmeeffectes vermittelst Elektricität unmöglich.

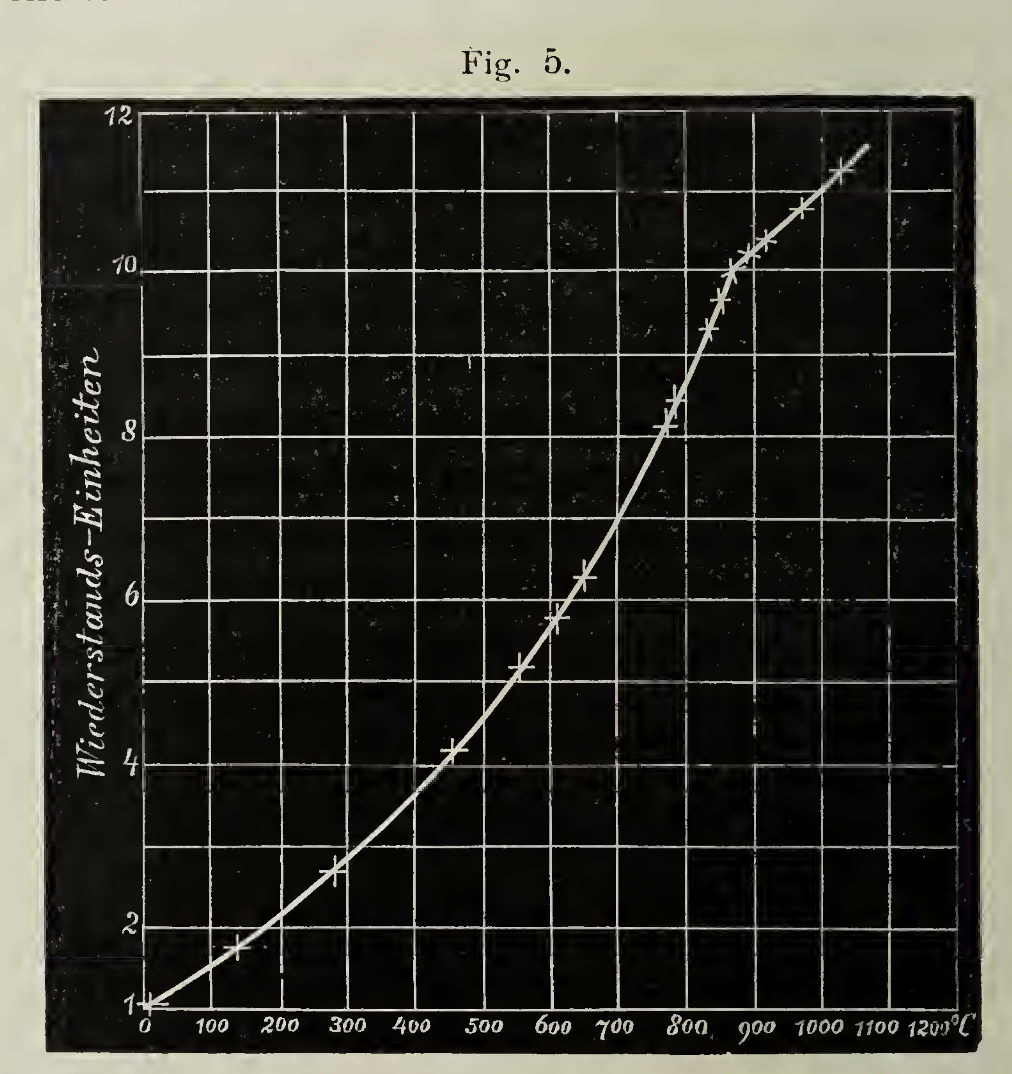
Will man den Wärmeeffect auf die Schweissstelle concentriren, so muss man an derselben auch den grössten Theil des Widerstandes des gesammten Stromkreises localisiren. Zu diesem Behufe werden die übrigen Theile des Kreises, die stromzuführenden Leiter, aus massivem, gut leitendem Material (Kupfer u. s. w.) hergestellt. Die Klammern, welche die Arbeitsstücke halten und welche einen Theil des Stromkreises bilden, müssen ebenfalls ausgezeichnete Leitungsfähigkeit und grossen Querschnitt haben. Der elektrische Widerstand des Kreises, die Arbeitsstücke ausgenommen, muss ein verschwindend kleiner sein im Verhältniss zu jenem der Schweissstelle.

Zu dem specifischen elektrischen Widerstande der Arbeitsstücke gesellt sich auch noch jener, welcher durch den unvollkommenen elektrischen Contact zwischen den beiden an einander gepressten Arbeitsstücken entsteht.*) Bei kleinen Stromintensitäten ist der

*) Wir begegnen oft der irrigen Anschauung, dass es hauptsächlich dieser schlechte Contact zwischen den Arbeitsstücken ist, welcher die Erhitzung hervorruft. Wie wir schon erläutert haben, ist die wirkliche Ursache der Concentrirung der Hitze an der Verbindungsstelle oder an der Stelle zwischen den beiden Klammern, die relativ grössere Leitungsfähigkeit des übrigen Theiles des Stromkreises, der gewöhnlich aus massiven Kupferstücken besteht.

aus diesem Widerstande entstehende Wärmeeffect ein geringer; je grösser aber diese Intensitäten werden, desto grösser wird auch die Energie, welche sich in Folge des unvollkommenen Contactes der Arbeitsstücke ebendaselbst in Wärme umwandelt.

Fig. 5.



Wir haben daher schon zwei Widerstände im Stromkreise in Betracht zu ziehen: erstens den specifischen Widerstand der Arbeitsstücke an der Schweissstelle und zweitens den aus dem unvollkommenen Contact der Arbeitsstücke resultirenden Widerstand.

Zu diesen zwei Widerständen gesellt sich noch eine dritte auf dem Widerstand beruhende Ursache

von Wärmeentwicklung, nämlich jene, dass mit der Erwärmung der Metalle auch deren elektrischer Widerstand zunimmt.

Fig. 6.

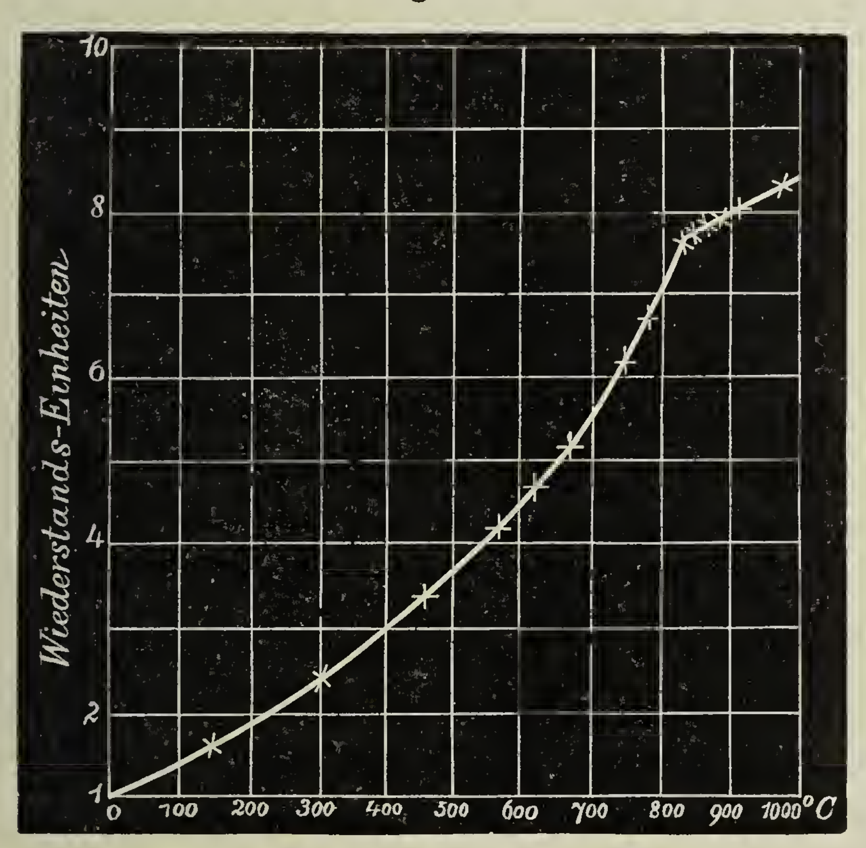
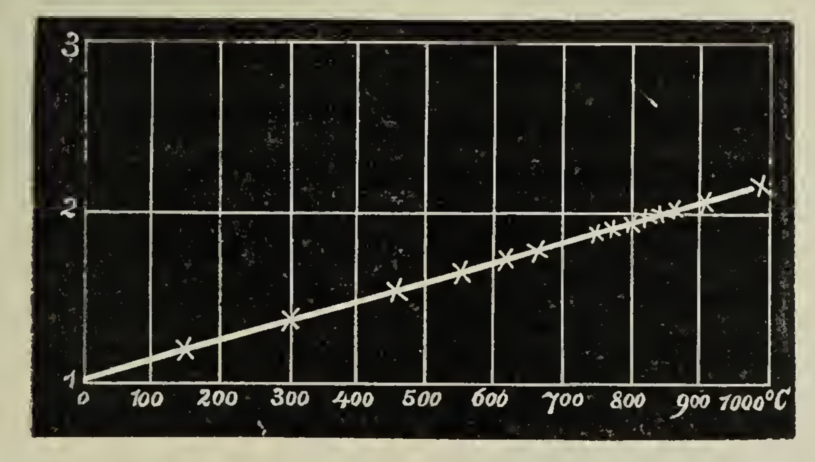


Fig. 7.



Beifolgende Diagramme (Fig. 5, 6 und 7) zeigen das Verhältniss der Widerstandszunahme zur Erhöhung

der Temperatur.*) Die Abscissen repräsentiren die Temperaturen und die Ordinaten den Widerstand eines Drahtes, welcher auf 0° C. eine Widerstandseinheit besitzt.

Wir entnehmen den beistehenden Diagrammen, dass, wenn wir den Widerstand des Eisens bei 0° C. (oder 32° Fahrenheit) als Einheit annehmen, dieser Widerstand sich bei 1000° C. auf das Eilffache erhöht. Man beachte auch die eigenthümliche Abbiegung der Curve zwischen 800 und 900° C., wenn der Widerstand um das Zehnfache des ursprünglichen zugenommen hat.

Ebenso wie die einzelnen Metalle einen verschiedenen specifischen Widerstand haben,**) ebenso verschieden ist auch ihre Widerstandszunahme in Folge von Erwärmung.

Das Eisen nimmt, wie wir schon gesehen haben, bedeutend an Widerstand zu, wenn es warm wird, während dies beim Kupfer in geringerem Masse statthat. Gewisse Legirungen verändern ihren Wider-

---

*) Dieselben sind den »Philosophical Transactions for the year 1889«, Seite 462. Tafel 19, entnommen und haben Dr. Hopkinson zum Autor.

**) Nachfolgend der specifische Widerstand in Microhms verschiedener Metalle bei 0 Centigraden, ausgedrückt in Einheiten der Association Britannique.

Silber, geglüht	1 521
» gehämmert	1·652
Kupfer, geglüht	1·616
» gehämmert	1·652
Gold, geglüht	2·081
» gehämmert	2·118
Aluminium, geglüht	2·945
Zink, comprimirt	5·689

stand nur wenig durch Erhitzung. Das Gesetz dieser Variationen ist gegeben durch die Formel:

$$r^1 = r(1 + at + bt^2),$$

r = Specifischer Widerstand bei 0 Centigrad,

r^1 = Specifischer Widerstand bei t Centigraden,

a und b = Coëfficienten, deren Betrag (Zahlwerth) von der Natur des Metalles abhängig ist.

Die Werthe der Coëfficienten a und b sind nach Matthiesen die folgenden:

	a	b
Eisen	0·0063	+ 0·00000240
Gold, Silber, Kupfer, Zink	0·003824	+ 0·00000126
Quecksilber	0·0007485	— 0·000000398
Neusilber	0·0004433	+ 0·000000152

Beispiel. Es sei der Widerstand R eines geglühten Kupferdrahtes, chemisch reiner Qualität, Durchmesser 2·4 Mm., Länge 530 M., bei einer Temperatur von 45 Centigraden zu suchen. Wir werden mit Hilfe der vorhergehenden Formel Folgendes finden:*)

Platin, geglüht	9·158
Eisen, geglüht	9·825
Nickel, geglüht	12·600
Zinn, comprimirt	13·360
Blei, »	19·850
Antimonium, comprimirt . . .	35·900
Wismuth, » . . .	132·700
Flüssiges Quecksilber	96·190
Neusilber (maillechort)	21·170

(Nach Matthiesen.)

*) In dieser Berechnung sind die specifischen Widerstände bei 0 Centigraden in Ohm-Centimetern ausgedrückt. Diese Wider-

$$R = \frac{0\,000001598 \times 53000}{0\,12^2 \times 3{\cdot}14} (1 + 0{\cdot}003824 \times 45 + + 0{\cdot}00000126 \times 45^2) = 2{\cdot}2 \text{ Ohms.}$$

Interessant ist, was H. Le Chatelier über das Verhältniss zwischen Temperatur und elektrischem Widerstand der Metalle anzuführen weiss.*)

Jene Metalle, welche keine moleculare Umwandlung zeigen, bevor sie ins Schmelzen gerathen, besitzen einen elektrischen Widerstand, dessen Variation eine lineare Function der Temperatur ist. Hier einige Beispiele:

Widerstand in Ohms von Drähten von 1 Mm. Durchmesser:

---

stände haben zum numerischen Werthe den Widerstand in Ohm's gemessen zwischen zwei entgegengesetzten Seiten eines Kubikcentimeters des betreffenden chemisch reinen Metalles. Diese specifischen Widerstände sind folgende:

Silber, gehämmert	0·000001634
» geglüht	0 000001504
Kupfer, gehämmert	0·000001634
» geglüht	0·000001598
Gold, gehämmert	0·000002094
» geglüht	0·000002058
Aluminium, geglüht	0·000002912
Zink, comprimirt	0·000005626
Platin, geglüht	0·000009056
Eisen, »	0·000009716
Nickel, »	0·000012460
Zinn, comprimirt	0·000013210
Blei, »	0·000019630
Quecksilber, flüssig	0 000098630
Neusilber	0·000020940

*) Sur la résistance électrique des métaux. Communication faite à la Société de Physique, 22. September 1890.

Pt	. 0·140 + 0·000325 t
10 Pt mit 100 Rh	. 0·335 + 0·000350 t
Cu	. 0·032 + 0·000101 t
10 Cu mit 100 Sn	. 0·150 + 0·000109 t
20 Cu mit 100 Ni	. 0·420 + 0·000110 t
Ag	. 0·023 + 0·000105 t.

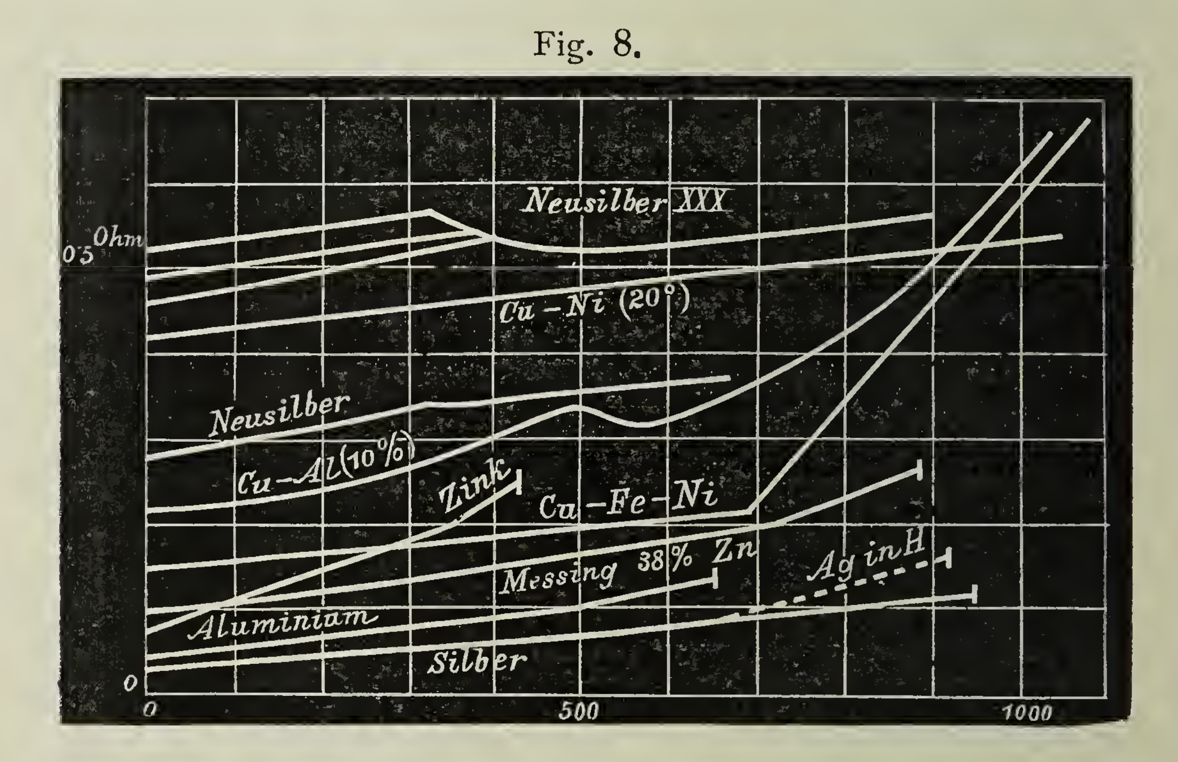
Man wird wahrnehmen, dass das Kupfer und Silber und ihre Legirungen einen beinahe identischen (der Zahl 0·000105 sich nähernden) Widerstandszunahme-Coëfficienten haben, während jener des Platins und seiner Legirungen dreimal so gross ist. Im Allgemeinen kann angenommen werden, dass die Einführung kleiner Mengen fremden Materials in ein Metall die Widerstandscurve desselben erhöht und zwar in einer zu der letzteren parallelen Richtung.

Das Silber zeigt eine interessante Eigenthümlichkeit. Wenn es im Sauerstoff erhitzt wird, bleibt seine Widerstandscurve vollkommen geradlinig, seine mechanischen Eigenschaften haben sich nicht geändert und der Schmelzpunkt wurde gleich 945⁰ gefunden, was der von Violle angegebenen Temperatur von 954⁰ sehr nahe kommt. Wird jedoch das Silber im Wasserstoff erhitzt, so ändern sich, von 650⁰ angefangen, alle seine Eigenschaften, der elektrische Widerstand nimmt rapider zu als dies im Oxygen geschieht, das Metall besitzt nach seiner Abkühlung eine ausserordentliche Zerbrechlichkeit; man kann Drähte von 0·25 Mm. nicht biegen, ohne dass sie dabei brechen. Der Schmelzpunkt auf 915⁰ herunter.

In einer grossen Anzahl von Metallen (wie z. B. im Eisen) finden plötzliche moleculare Umwandlungen statt

und zwar bei bestimmten Temperaturen. Die elektrischen Widerstände zeigen bei diesen Temperaturen sprungweise Aenderungen; ihr absoluter Werth aber erleidet, wenn er einen Umwandlungspunkt durchgeht, keine solche Veränderung wie jene, welche mit ihm an den Schmelzpunkten statthat. Die beistehenden Curven (Fig. 8) geben uns verschiedene Beispiele dieser Phänomene. Das auffälligste ist

Fig. 8.



jenes einer Legirung von folgendem Gehalte: Cu = 70 Ni = 18, Fe = 11. Die gefundenen Temperaturen der molecularen Umwandlung waren für die drei folgenden Metalle:

Zn	Messing 38 Zn in 100	Legirung Cu — Fe — Ni.
360°	720°	690°

Le Chatelier hat bei Messing constatirt, dass die Umwandlung von einer bedeutenden Absorption latenter Wärme begleitet ist.

Manche Legirungen zeigen progressive moleculare Umwandlungen; die letzteren erfolgen nicht plötzlich, sondern in den meisten Fällen in einem begrenzten Temperaturabschnitt. Das ist z. B. der Fall mit Aluminium-Bronze (leicht mit Silicium vermischt), dessen moleculare Umwandlung zwischen 550^0 und 650^0 statthat. Erst über die letztere Temperatur hinaus kann die Härtung des Metalls beginnen. Diese Eigenthümlichkeit zeigt sich besonders im Neusilber und in den Kupfernickel-Legirungen. Wenn diese letzteren erhitzt werden, nimmt im Intervall von 300^0 auf 500^0 ihr Widerstand beträchtlich ab. Um dies Phänomen beobachten zu können, ist es unbedingt nothwendig, ein ausgeglühtes und ausserordentlich langsam abgekühltes Metall zu verwenden.

Die nachfolgenden Zahlen beziehen sich auf drei Muster, welche aus einem Dutzend anderer experimentirter ausgesucht wurden:

	0	200^0	300^0	400^0	500^0	700^0	900^0
Cu 50, Ni 24, Zn 25	0·465	0·480	0·505	0·520	0·518	0·530	0·552
	0·495	0·513	0·527	0·525	0·518	0·530	0·552
	0·514	0·527	0·537	0·525	0·518	0·530	0·552.
Cu 66, Ni 11, Zn 22	0·285	0·308	0·320	0·330	0·338	0·352	0·390.
Cu 81, Ni 18	0·485	0·497	0·500	0·492	0·475	0·473	0·492.

Das erste Muster dieser Legirungen ist jenes, welches die am schärfsten ausgeprägte Umwandlung gezeigt hat. Die drei Messungen dieser Legirung wurden an

Mustern angestellt, welche in ungleichen Zeiträumen abgekühlt wurden und demzufolge verschiedene Härtegrade besitzen.

Nachfolgend geben wir die Resultate, welche Le Chatelier mit Eisennickel-Legirungen erzielt hat. Einige von ihnen zeigen verschiedene Widerstände bei der Erwärmung und beim Erkalten.

Nickelgehalt in 100 Theilen	Temperatur	0⁰	200⁰	400⁰	600⁰	800⁰	1000⁰	Umwandlungspunkte
5	aufsteigend	0·36	0·45	0·59	0·90	1·38	1·50	680⁰ und 830⁰
	fallend	0 36	0·54	0·77	1·35	1·45	1·50	600⁰
25 . . .	aufsteigend	0·98	1·15	1·30	1·42	1·51	1·53	—
	fallend	0 98	0·81	1·10	1.42	1·51	1·55	550⁰
35 . . .	steigend u. fallend	0·59	0·84	1·04	1·10	1·13	1·18	400⁰
50 . . .	steigend u. fallend	0·46	0 80	1·14	1·28	1·32	1·36	460⁰

Man wird wahrnehmen, dass Eisen, Nickel und ihre Legirungen, in höheren Temperaturen als jene der Umwandlung, ihren elektrischen Widerstand nach einem Gesetz ändern, welches jenem für Platin und seine Legirungen gleichkommt. In niederen Temperaturen ist diese Variation ungleich rapider.

Die schädlichen Widerstände.

Wir haben bis jetzt nur von den nützlichen Widerständen gesprochen, welche zur Erhöhung des Wärmeeffectes an der Schweissstelle beitragen. In dem-

selben Stromkreis giebt es aber noch andere und zwar schädliche Widerstände.

Der eine derselben liegt zwischen den Oberfläche, der stromzuführenden Klammern und der Arbeitsstücken, zwischen welchen trotz aller mechanischen Vorrichtungen ein mangelhafter elektrischer Contact statthat, besonders wenn die Arbeitsstücke von rauher Oberfläche sind. Für Metalle von glatter Oberfläche ist der zwischen Klammern und Arbeitsstücken befindliche Widerstand geringer.*)

Der zweite schädliche Widerstand liegt in dem stromzuführenden Leiter selbst. So gering derselbe auch in Wirklichkeit ist, so schädlich wirkt er doch, wenn grosse Stromintensitäten zur Anwendung kommen. Wir kennen heute schon Schweissungen, welche über 40.000 Ampères erfordern. Die Potentialdifferenz des Stromes ist sehr gering, kaum über zwei Volts. Ein

*) In den grösseren Thomson'schen Schweissapparaten werden die Klemmen mittelst hydraulischen Druckes an die Arbeitsstücke angeschoben. Dieser Druck wird durch einen automatischen Apparat regulirt, dessen Wasserabfluss gleichzeitig zur Kühlung der Klammern verwendet wird. Arbeitsstücke von rauher Oberfläche sollten an den Stellen, wo sie von den Klammern gefasst werden, abpolirt werden, wenn man nicht schon im Vorhinein auf einen Verlust an elektromotorischer Kraft rechnet. In neuerer Zeit hat Hermann Lemp versucht, den elektrischen Contact zwischen Klammern und Arbeitsstücken durch die Einführung einer elektrisch leitenden Flüssigkeit zwischen beiden, zu verbessern. (Amerik. Patent Nr. 458,176, dated Aug. 25, 1891, Appl. filed, May 31, 1891). Klammern, welche die Arbeitsstücke etwas aufschürfen oder welche in dieselben einschneiden, sind in dem amerik. Patent Nr. 458,176 vorgesehen. Siehe auch amerikanisches Patent Nr. 458,188 vom 25. August 1891, appl. filed Dec. 19, 1890, ertheilt an Einar Rasmussen in Lynn.

Zehntausendstel Ohm specifischer Widerstand des Leiters ist unter solchen Verhältnissen schon von bedeutendem Einfluss auf die verbrauchte Energie.

Die Wärmeverluste.

Die Temperaturgrenze, bis zu welcher ein Metall mittels des Durchganges eines elektrischen Stromes erhitzt werden kann, ist jene Temperatur, bei welcher (eine constante Spannung des Stromes vorausgesetzt) die durch Ausstrahlung, Fortleitung und andere äussere Umstände verursachten Wärmeverluste in einer gegebenen Zeit der durch die Umwandlung der elektrischen Energie verursachten Wärmezunahme gleich kommen. Dieses Maximum kann nur durch Vergrösserung der anfänglichen Stromspannung erhöht werden.

Wenn sich der Widerstand eines Metalles in Folge seiner Temperaturzunahme erhöht, so muss, wenn im Stromkreis constante Spannung herrscht, nothgedrungen die Intensität des Stromes zu gleicher Zeit abnehmen. Es wird daher in manchen Fällen nothwendig werden, die ursprüngliche Spannung des Stromes nach Bedürfniss zu erhöhen, um die aus der Vergrösserung des Widerstandes resultirende Intensitätsabnahme auszugleichen. Diese Erhöhung ist aber kein eigentlicher Energieverlust.

Ein wirklicher Energieverlust ist der Verlust an Wärme, welcher durch Ausstrahlung und andere äussere Ursachen entsteht.

Das Gesetz Joule's, welchem zufolge die in einer Secunde entwickelte Wärme direct mit dem Quadrat der

Stromintensität und mit dem Widerstande des erwärmten Leiters variirt, setzt voraus, dass dieser elektrische Leiter mit einem Stoffe umgeben sei, welcher die Wärme nicht fortleitet, und dass alle entwickelte Hitze in dem Leiter selbst verausgabt werde.

Nun kann man aber die in einem elektrischen Leiter erzeugte Wärme nicht in Betracht nehmen ohne nicht auch zugleich die Wärmeverluste in Rechnung zu ziehen, welche von der Oberfläche des Leiters aus statthaben. In jedem durch den elektrischen Strom erwärmten Leiter findet eine Ausstrahlung, Ablenkung der Wärme statt. Ist die im Leiter erzeugte Wärme äquivalent der von seiner Oberfläche ausgestrahlten Wärme, so bleibt die Temperatur des Leiters constant.

Nachdem die erzeugte Wärme nichts anderes ist, als in Wärme verwandelte Energie, so sind auch die Wärmeverluste reine Energieverluste, und es ist das Bestreben aller Erfinder von Schweissapparaten gewesen, diese Verluste auf ein Minimum herabzumindern.

Eines der besten Mittel ist, die Schweissung so rasch von statten gehen zu lassen, dass die entwickelte Wärme wenig Zeit hat, durch Ausstrahlung verloren zu gehen.

Der Verbrauch an mechanischer Kraft.

Die Frage des Kraftverbrauches der elektrischen Schweissapparate ist noch immer nicht recht gelöst worden. Es handelt sich hier um grosse Stromintensitäten, und man hat schon Apparate construirt, welche

bis zu 100.000 Ampères erfordern. Solche Intensitäten können mit den bis jetzt gebräuchlichen Instrumenten umso weniger gemessen werden, als dieselben in den Stromkreis des secundären, direct zur Schweissung dienenden Leiters, in Folge der geringen Länge desselben, nicht eingeschaltet werden können. In Folge der ausserordentlich kurzen Zeitdauer des Schweissprocesses können auch indirecte Versuche mit Bremsen u. s. w. nicht hinreichend genaue Resultate ergeben. Vor einigen Jahren hat man die verbrauchte Kraft mit einem Calorimeter gemessen.*) Durchschnitte aus vielen einzelnen Versuchen haben ergeben, dass etwa 65—72% der in dem mechanischen Motor aufgewendeten Energie in dem Schweissprocess nutzbar gemacht werden.

Sir Frederick Bramwell hat mit einem Thomson-schen 40.000 Watt-Schweissapparat Versuche angestellt. Die Arbeitsstücke bestanden aus runden Farnley-Eisenstangen von $1^1/_8$ Zoll Durchmesser und 1 Fuss 2 Zoll Länge. Es wurden achtzig Schweissungen gemacht, welche in einem Zeitraum von 3 Stunden 9 Minuten vollendet wurden. Während dieser Zeit wurden an der Dampfmaschine verschiedene Indicator - Diagramme abgenommen Fig. 9 stellt vier solche Diagramme

---

*) Die absolute Arbeit, welche eine Calorie Wärme leistet, wird mechanisches Aequivalent der Wärme genannt. Dieses Aequivalent ist nach Versuchen von Joule 424, nach solchen von Regnault 435 Kilogrammmeter. Diesen Werth nennt man auch die Joule'sche Zahl.

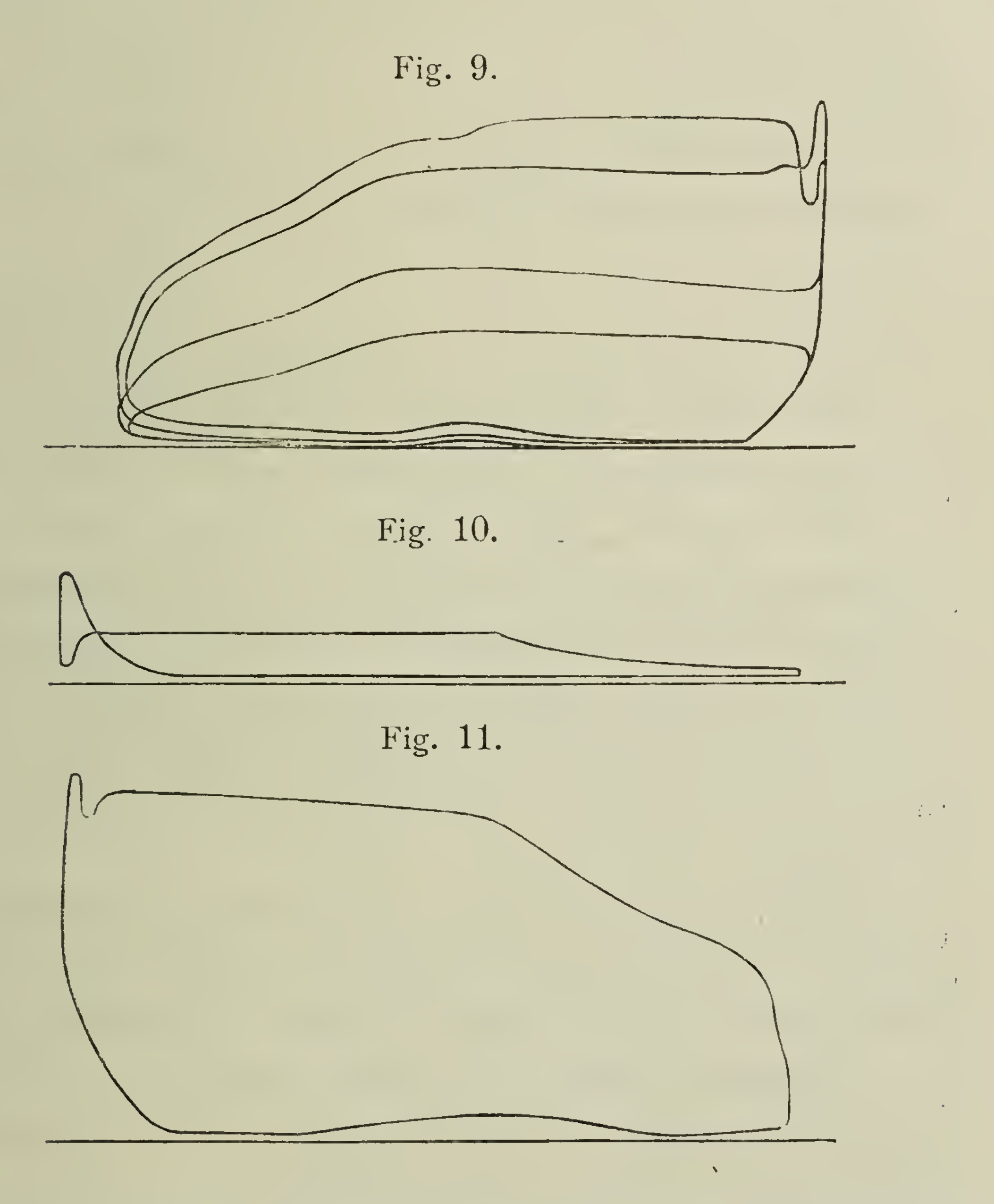
Eine Calorie Wärme, in mechanische Arbeit umgesetzt, ist somit im Stande, ein Gewicht von 424 Kilogramm einen Meter hoch zu heben, oder die mechanische Arbeit, welche verrichtet werden muss, um ein Gewicht von 424 Kilogramm einen Meter hoch zu heben, kann eine Calorie Wärme erzeugen.

dar, welche den successiven Kraftverbrauch zeigen. Fig. 10 ist ein Diagramm, abgenommen von der unbeladenen Maschine. Fig. 11 zeigt das Maximum der verbrauchten Kraft.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.



Die einzelnen Schweissungen erforderten folgende Zeit:

Anbringung der Arbeitsstücke in den Klammern und Erhitzen derselben bis zur Schweisstemperatur . . . . 26 Secunden

Herausnehmen der Stücke aus den Klammern	11	Secunden
Hämmerung der Schweissung	15	»
Wiedereinführung der Arbeitsstücke in die Klammern	21	»
Wiedererhitzung	10	»
Herausnehmen der Stücke	32	»
Vorarbeit zur Einführung neuer Arbeitsstücke	20	»
Zusammen	135	Secunden.

Dieselben Schweissungen, ausgeführt nach dem gewöhnlichen Verfahren, erforderten mehr als das Doppelte an Zeit. Es muss hiebei bemerkt werden, dass die auf elektrischem Wege hergestellten Schweissungen noch einmal erhitzt wurden, was angeblich behufs Erlangung einer tadellosen Structur der Schweissstelle geschah. Fällt diese nachträgliche Erhitzung der fertigen Schweissung fort, so erfordert das elektrische Verfahren blos 72 Secunden.

In den Versuchen, welche Prof. Silvanus Thompson anstellte, hatte er den ungefähren Aufwand an elektrischer Kraft, welche dem primären Stromkreis durch die Dynamos zugeführt wurde, gemessen. Es war unmöglich, Mess - Instrumente in die secundäre Spule einzuschalten, weil dieselbe zu massiv war. Da jedoch der Transformator einen ausgezeichneten Nutzeffect hatte, kann angenommen werden, dass die im primären Stromkreise gemessene Kraft jene im secundären Kreise nicht um mehr als 10—12% überstieg. Die Messung der Kraft, welche im pri-

mären Stromkreise verausgabt wird, liefert ein genaueres Mass der gesammten von der Maschine aufgewendeten Kraft, als jenes, welches durch Messung der Kraft im secundären Stromkreise resultiren würde.

Die Messung fand statt mittelst eines Siemens'schen Wattmessers, dessen Wickelungen für den vorliegenden Fall speciell angeordnet wurden. Der Widerstand des feinen Drahtes wurde durch Hinzufügung eines Hilfswiderstandes erhöht, während man den Hauptstromkreis des Instrumentes mit einem geeigneten »Shunt« versah. Es ist bekannt, dass die Phasendifferenz zwischen den Potentialen und den Strömen im primären Kreise gering ist, wenn der secundäre Kreis Arbeit verausgabt, und es wurde daher angenommen, dass die Phasendifferenz für alle 7500 Watts übersteigenden Leistungen so gering sei, dass sie bei den vorliegenden Messungen übergangen werden konnte. Die Versuche wurden daher durch Weglassung der Berechnungen der geringen Phasendifferenz vereinfacht. Es ist möglich, dass die Messungen jener Kraft, welche bei Schweissungen kleinerer Gegenstände aufgewendet wurde, um einige Percente höher ausfielen als ihr wirklicher Werth. Bei grösseren Schweissungen wird der Unterschied zwischen den anscheinenden und wirklichen Werthen der aufgewendeten elektrischen Kraft geringer sein; in keinem Falle aber ist die gemessene Kraft geringer als jene, welche wirklich aufgewendet wurde.

Bei Schweissungen von $^3/_4$-zölligen runden Stahlstangen war die durchschnittlich aufgewendete Kraft 11·40 Kilowatts in 16 Secunden. Bei Schweissungen

von $1^1/_8$-zölligen runden schmiedeeisernen Stangen war die durchschnittlich aufgewendete Kraft 13·02 Kilowatts, wenn die Operation langsam, in 45 Secunden, stattfand; sie war 13·17 Kilowatts, wenn die Operation in 32·1 Secunden vollzogen wurde; sie war endlich 17·01 Kilowatts, wenn die Schweissung blos 30 Secunden benöthigte.

Bei Schweissungen von grösseren schmiedeeisernen Stangen viereckiger Form (ungefähr $2^1/_2 \times 1^1/_8$ Zoll) dauerte die Schweissung 65 Secunden, und benöthigte ungefähr 14·98 Kilowatts. Es wurden für Sir Frederick Bramwell*) achtzig Schweissungen von $1^1/_8$zölligen runden schmiedeeisernen Stangen gemacht. Die durchschnittliche Kraft in den ersten zehn Schweissungen war 12·82 Kilowatts für eine durchschnittliche Dauer von 33·7 Secunden, und in den letzten zehn Schweissungen 13·34 Kilowatts für eine Dauer von 28·5 Secunden. Die durchschnittliche Kraft für alle achtzig Schweissungen war 13·17 Kilowatts für eine Dauer von 32·1 Secunden. Die Stücke wurden einer nochmaligen Erhitzung unterzogen und verbrauchten durchschnittlich 15·19 Kilowatts für eine Durchschnittsdauer von 12·9 Secunden.

M. W. C. Fish gibt an, dass man, um zwei Rundeisen von 38 Mm. Durchmesser zusammen zu schweissen, eine Dynamomaschine von 27 Pferdekräften nothwendig habe. Zwei Rundeisen von 12—13 Mm. benöthigen 5—6 Pferdekräfte.**)

---

*) Siehe Vorlesung des Sir Frederick Bramwell in der Royal Institution, London, am 18. April 1890.

**) Vorlesung, gehalten in der Versammlung des Iron and Steel Institute, November 1889, Weltausstellung, Paris.

Alexander B. W. Kennedy*) berichtet über Versuche, welche er angestellt, Folgendes: »Bei meinen Versuchen in Lynn war es unmöglich, die der Dynamo übermittelte mechanische Kraft zu messen. Ich mass daher die rein elektrische Kraft, welche dem Schweissapparate zuging und ebenso die genaue Zeit, während welcher der Apparat Strom erhielt. Ich stellte diese Versuche mit fünfundzwanzig Stücken von Schmiedeeisen und Stahl an, deren Durchmesser von $^1/_2$ bis 2 Zoll variirte. Ich fand betreffs Kraft oder Zeit keinen bemerkbaren Unterschied zwischen Stahl und Eisen. Die Pferdekräfte variirten natürlich mit der Zeit der Operation und man hat es für vortheilhaft gefunden, die Dauer direct proportional zum Durchmesser der Stange zu machen, 40 Secunden als eine Durchschnittszeit für eine Eisenstange von 1 Zoll Durchmesser annehmend.

Unter diesen Bedingungen blieben die Pferdekräfte per Quadratzoll Material beinahe constant für Stangen zwischen $^1/_2$ bis 1 $^1/_2$ Zoll Durchmesser. Der Durchschnittswerth war 20·8 HP Dies kommt ungefähr 30 indicirten Pferdekräften an der Dampfmaschine per Quadratzoll geschweissten Querschnittes während der Zeit des Stromverbrauches gleich.«**) Diese Kraft kann ohne

---

*) Report on the Thomson Electric Welding Process in America, by Alexander B. W. Kennedy, Vice President Institute Mechanical Engineers etc. etc. 1. Februar 1890.

**) Prof. Silvanus P. Thompson meint, dass die verbrauchte Kraft in kein Verhältniss zum Querschnitt der Arbeitsstücke gebracht werden könne, weil man die von der Oberfläche aus stattfindenden Wärmeverluste nicht berechnen kann. Diese Wärmeverluste repräsen-

Gefahr für die Schweissung herabgemindert werden wenn die Ersparniss an Kraft wichtiger sein sollte als die Ersparniss an Zeit.

Schmiedeeiserne Stangen von 2 Zoll Durchmesser wurden in einer Durchschnittszeit von 97 Secunden geschweisst, und war die durchschnittliche Kraft netto 12·0 HP per Quadratzoll oder beiläufig 17 indicirte Pferdekräfte an der Dampfmaschine per Quadratzoll Querschnitt geschweissten Materials. Man erkennt daraus den Unterschied, welchen die Zeitdauer in der Kraftbeanspruchung macht.

Eine Zusammenstellung dieser Versuche Kennedy's mit noch anderen von ihm ausgeführten, zeigt die Tabelle auf Seite 39.

Ein anderer gewichtiger Factor zur Bestimmung der aufgewendeten mechanischen Kraft ist die Entfernung zwischen den Klammern des Schweissapparates. Je weniger die Arbeitsstücke aus den Klammern hervorragen, desto weniger Kraft wird aufgewendet, weil der Widerstand im Stromkreise geringer wird. Sind aber die Klammern zu nahe an einander gestellt, so absorbiren dieselben einen Theil der an der Schweissstelle erzeugten Hitze und sind dem Verbrennen ausgesetzt.

Wenn die Arbeitsstücke zu weit aus den Klammern herausragen, geht Energie durch strahlende Wärme verloren und es wird ein viel grösserer Theil der Arbeitsstücke erhitzt als nothwendig gewesen wäre.

---

tiren aber gerade einen sehr grossen Theil der verbrauchten Energie. Die bei der Schweissung aufgewendete Kraft sei bei viereckigen Stangen grösser als bei runden von gleichem Querschnitt und Material.

Art des Materials	Dauer der Schweissung	Kraftverbrauch pro Quadratzoll	
		Netto HP am Schweissapparat	Indicirte Pferdekräfte an der Dampfmaschine
Schmiedeeisen und Stahlstangen von 1/2 bis 1 1/2 Zoll Durchmesser	40 Secund.	20·8	30
Schmiedeeiserne Stangen von 2 Zoll Durchmesser	97 »	12·0	17
Kupferstangen von 1 Zoll Durchmesser*)	25·4 »	57·4	80
Eisenröhren, 2 1/2 Zoll Durchmesser, 1/4 Zoll Wanddicke**)	61 »	23·4	33
Messingröhren, 1 1/8 Zoll Durchmesser, 1/8 Zoll Wanddicke, geschweisst an gleich grosse Eisenröhren	24 »	21·2	30

*) Bei diesem Versuche betrug die Potentialdifferenz 1 Volt. Das Zusammenpressen der Arbeitsstücke geschah mittelst hydraulischer Kraft. — **) Schweissung Ende an Ende.

Für schwere Arbeitsstücke müssen Vorrichtungen geschaffen werden, welche die Klammern kühl erhalten, was gewöhnlich durch eine Wassercirculation geschieht.

Die Projection*) der aus den Klammern herausragenden Arbeitsstücke variirt mit dem Querschnitt oder Durchmesser derselben. Stangen aus Kupfer müssen eine Projection haben, welche doppelt so lang wie ihr Durchmesser ist. Stangen aus Eisen und Stahl brauchen blos auf eine Länge, welche ihrem Durchmesser gleich ist, herauszuragen. Messing verlangt eine anderthalbmal so grosse Projection wie sein Durchmesser. Elektrisch gut leitende Metalle müssen längere Projectionen haben als schlecht leitende.

Die Zeitdauer der Schweissung.

Die Zeit, welche bei dem elektrischen Schweissverfahren für jede einzelne Schweissung aufgewendet wird, ist ein sehr gewichtiger Factor. Je schneller die Schweissung vor sich geht, desto mehr Kraft wird in der betreffenden Zeit verbraucht. Wenn Rundeisen von 1 Zoll Durchmesser in 40 Secunden zusammengeschweisst werden und hiezu 20 Pferdekräfte erforderlich waren, wird es beiläufig die doppelte Kraft erfordern, um dieselbe Arbeit doppelt so schnell zu vollbringen. Ebenso wird nur die halbe Kraft erforderlich sein, wenn dieselbe Arbeit in der doppelten Zeit durchgeführt werden sollte. Doch hat diese Theorie auch ihre

*) Länge, gemessen von dem zu schweissenden Ende des Arbeitsstückes bis zu jenem Punkte, wo die das Stück umgebende Klammer beginnt.

praktischen Grenzen. Wenn eine Schweissung zu schnell gemacht wird, so verbrennt das Metall an den im gegenseitigen Contact befindlichen Enden; wird sie zu langsam vollzogen, so erhitzen sich Maschine und Klammern und es findet ein Energieverlust durch strahlende Wärme statt.*)

Prof. Silvanus Thompson**) berichtet über die Zeitfrage Folgendes: »Einer der hervorragendsten Vorzüge des Schweissverfahrens ist die Präcision, mit welcher die Hitze an dem gewünschten Punkte localisirt wird. Werden zum Beispiel einzöllige Stangen aus Eisen oder Stahl zusammengeschweisst, so werden sie $1\frac{1}{2}$ Zoll auf jeder Seite der Schweissung rothglühend. Wenn dann die Stücke vom Apparat kommen, sind sie, einen Zoll von jeder Seite der Schweissung abgerechnet, vollständig kühl. Es geht also keine Wärme unnütz verloren.

Dieses rührt theilweise davon her, dass die Stücke von massiven Kupferklammern festgehalten werden; hauptsächlich aber kommt dieser Vortheil von der grossen Rapidität des Verfahrens. Die Verwendung eines Transformators macht es möglich, enorme Ströme,

---

*) Bei Experimenten, welche im Jahre 1890 in Hoxton angestellt wurden, fand man, dass die Zeit, welche man zur Schweissung von $1\frac{1}{8}$zölligem Rundeisen benöthigte, weniger als 33 Secunden betrug. Die Operation konnte auf 25 Secunden verkürzt oder auf 45 Secunden verlängert werden. $\frac{3}{4}$zöllige runde Stahlstäbe brauchten blos 16 Secunden zur Schweissung und waren, je $1\frac{3}{4}$ Zoll von jeder Seite der Schweissung abgerechnet, ganz kühl.

**) Report on the Thompson Electric Welding Process, 21. February 1890.

so anzuwenden, dass sie ihre Energie gerade an jenem Punkte verausgaben, wo die Erhitzung gewünscht wird. Diese Ströme brauchen blos für einige Secunden angewendet zu werden und die Schweissung ist schon vollendet, bevor noch die an der Arbeitsstelle erzeugte Wärme Zeit gehabt hätte, sich durch Leitung fortzupflanzen.«

Der Zeitpunkt der Stromunterbrechung ist, besonders bei leichtflüssigen Metallen, von grosser Wichtigkeit. Wenn zum Beispiel zwei Kupferdrähte zusammengeschweisst werden, so wird der Querschnitt der Schweissung durch das Zusammenstauchen der Stücke vergrössert. Wenn nun der Strom nicht zur rechten Zeit unterbrochen wird, so erhitzen sich die Stücke an jeder Seite der Schweissung in Folge ihres geringeren Querschnittes und schmelzen zwischen Klammer und Schweissung durch. Der Strom muss daher sofort unterbrochen werden, sobald die Schweissung vollendet ist. Es kann nur bei Schweissung von kleineren Gegenständen daran gedacht werden, den Strom im secundären Kreis zu unterbrechen. Bei grösseren Schweissungen würde der Unterbrechungsfunke ein so grosser sein, dass man zu seiner Verhütung einen Stromunterbrecher von enormen Dimensionen und complicirter Construction anwenden müsste. Gewöhnlich unterbricht man den Strom im primären Kreise des Transformators oder aber an der Dynamo selbst.

Die Zugsfestigkeit.

Betreffs der Zugsfestigkeit oder absoluten Festigkeit der auf elektrischem Wege ausgeführten Schweis-

sungen liegen uns zahlreiche Resultate vor, welche aus sorgfältig angestellten Untersuchungen hervorgingen. Es ist erwiesen, dass die Zugsfestigkeit der auf elektrischem Wege geschweissten Stücke zumindest eben so gross ist, als jene der auf gewöhnlichem Wege geschweissten.

Nachstehende Versuche (Tabelle I, Seite 48 u. 49) wurden im Arsenal der Vereinigten Staaten zu Watertown Mass. an Stangen ausgeführt.

Mr. Kirkaldy stellte ungefähr 130 Schweiss-Versuche an, von welchen 44 mit der Hand nach dem gewöhnlichen Verfahren durchgeführt wurden. Die Versuche ergaben Folgendes:*)

	Per □-Zoll des ursprünglichen Querschnittes
Durchschnittsfestigkeit der Stangen vor der Schweissung	52.642 Pfund
Durchschnittsfestigkeit jener Stangen, welche an der Schweissung brachen:	
der elektrisch geschweissten Stücke .	48.215 »
der auf gewöhnliche Weise geschweissten Stücke	46.899 »

Fish gibt folgende Daten an:**) Zugsfestigkeit der elektrischen Schweissung bei

Gussstahl	56·2	Kilo per Quadratmillimeter
Bessemer Stahl . .	42·0	» » »

*) Siehe »The Application of Electricity to welding, stamping and other cognate purposes. By Sir Frederick Bramwell, London, Institution of Civil Engineers, 1890.

**) Vorlesung in der Pariser Versammlung des Iron and Steel institute. 1889.

Gewalztem Kupfer .	22·4	Kilo per Quadratmillimeter
Messing	28·7	» » »
Stahl und Legirung von Kupfer und Nickel	28·4	» » »
Messing und Eisen .	23·6	» » »

Die Stromvertheilung.

Das System der Stromvertheilung beim elektrischen Schweissverfahren ist entweder ein directes oder indirectes.

Beim directen System wird der von einer beliebigen Elektricitätsquelle erzeugte Strom von derselben dem Schweissapparate, resp. dessen Klemmen direct zugeführt.

Beim indirecten System geht der erzeugte hochgespannte Strom in einen Transformator, von welchem aus er, in einen Strom niederer Spannung umgewandelt, an die Klemmen des Apparates gelangt.*)

Das directe System, welches sonst beim Schmelzverfahren angewendet wird, ist beim Schweissverfahren nur bei kleinen Apparaten und nur bei einem Stromverbrauch bis 400 Ampère in Gebrauch. Falls hiebei Wechselstrom angewendet wird, hat der Anker zwei Wickelungen. Die eine dient dazu, um mit Hilfe eines Stromwechslers das magnetische Feld der Dynamo zu

*) Beim directen System wird Gleich- oder Wechselstrom nach Belieben verwendet. Beim indirecten System sind bis jetzt nur Wechselströme verwendet worden, doch ist der Gebrauch von Gleichstrom auch hier nicht ausgeschlossen.

erregen. Die zweite Wickelung besteht aus einem Stück dicken Kupferkabels, welches direct in die Klemmen des Schweissapparates einmündet.

Das indirecte System besteht der Hauptsache nach aus einer selbsterregenden oder separat erregten Wechselstrom-Dynamo und einem Transformator, von welchem aus der Strom an die Klemmen des Apparates gelangt.

Die Regulirung der Potentialdifferenz des Stromes im Transformator geschieht entweder dadurch, dass durch einen Handrheostaten die anfängliche elektromotorische Kraft der Dynamo geregelt wird;

oder aber dadurch, dass die Wickelung der Dynamo so »compoundirt« wird, dass ihre elektromotorische Kraft mit der Belastung zunimmt;

oder aber dadurch, dass an der Dynamo eine constante Potentialdifferenz unter jeder Belastung erhalten wird, während die elektromotorische Kraft im Transformator durch Einschaltung variabler Widerstände oder Selbstinductions-Spulen regulirt wird.*)

Die Wickelung des Transformators kann so angeordnet werden, dass durch dieselbe bei der Umwandlung des Stromes ein variabler Conversions-Coëfficient erzielt werden kann. Dieser Zweck kann dadurch erreicht werden, dass entweder: die primäre und secundäre Spule aus ihrer Ruhestellung gebracht und je nach Bedarf gegen einander verschoben werden, oder dadurch, dass die magnetischen Kraftlinien durch einen zwischen secundäre und primäre Wickelung gebrachten magnetischen Leiter abgelenkt

*) Siehe Amerik. Patente Nr. 444.926, 444,927 und 444,946, Appl. fil. May 15, 1888.

werden, oder aber, dass eine Anzahl Wickelungen der primären oder secundären Spule ein- oder ausgeschaltet wird.

Fig. 12.

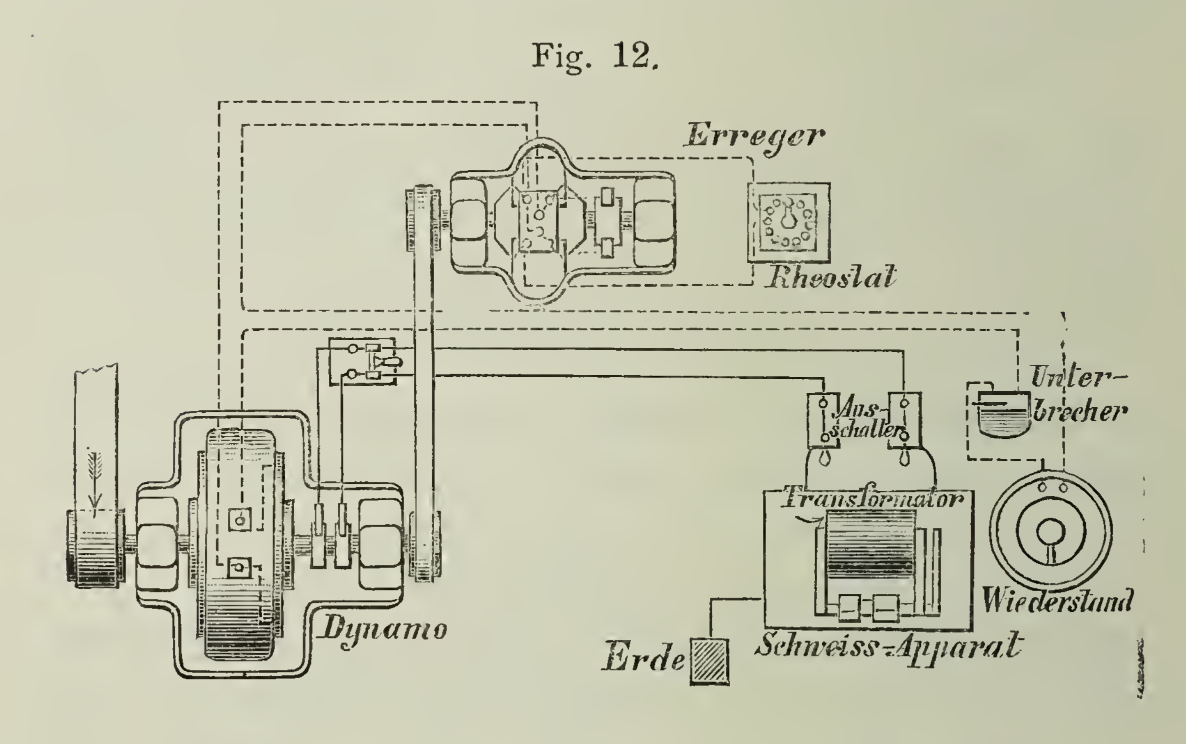
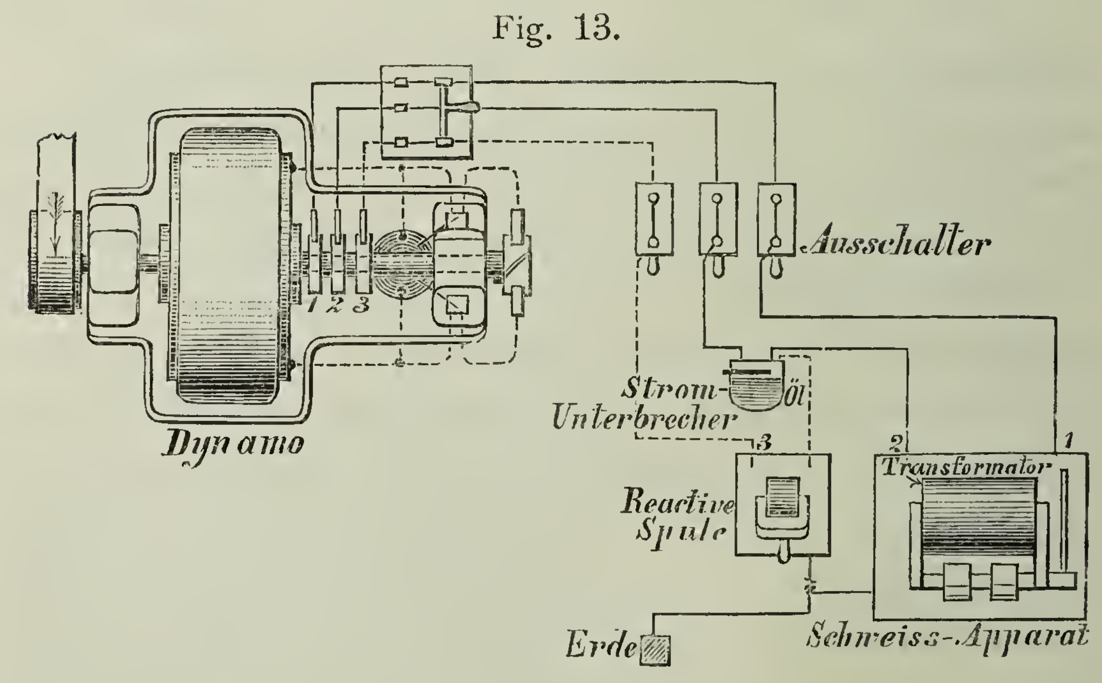


Fig. 13.



Wenn es sich um eine einfache Anlage handelt, das heisst, wenn blos eine Dynamo und ein einziger Schweissapparat vorhanden sind, wird die Dynamo,

wenn sie separat erregt wird, gewöhnlich mittelst eines in den Erregerstromkreis eingeschalteten Widerstandes regulirt. Ist die Dynamo selbsterregend, so geschieht die Regulirung mittelst einer »reactiven Spule«, welche mit der Erregerspule auf Spannung geschaltet ist.

Fig. 12 zeigt die Stromvertheilung bei einer separat erregten Thomson-Maschine.*) Die einzige von ähnlichen Anlagen verschiedene Anordnung ist die des Ausschalters, welcher mit einem Pedal verbunden ist und welcher den Stromkreis öffnet, sobald der auf das Pedal ausgeübte Druck aufgehört hat**). Dies soll Unfälle, hervorgerufen durch unberufene Personen, verhüten, da alle elektrische Wirkung aufhört, wenn Niemand auf den Apparat drückt.

Fig. 13 zeigt die Stromvertheilung bei einer Thomson'schen selbsterregenden, sogenannten »Composite«-Dynamo, deren Anker zwei Wickelungen besitzt, eine längere Hauptspule und eine kürzere Erregerspule. Beide sind in selber Richtung gewunden und die in ihnen erregten Ströme gehen parallel commutirt durch die im Nebenschluss befindlichen Elektromagnete; hierauf durch Linie 2, einer zurückkehrend durch die »reactive Spule« und Linie 3, der andere durch den Schweissapparat und Linie 1 zu ihren respectiven

*) Siehe Automatic Electric Welding Machines. By Hermann Lemp. Electrical World, June 7, 1890.

**) Dieser Ausschalter, auch »Unterbrecher« genannt, ist in den Erregerstromkreis eingeschaltet und mit einem Widerstande verbunden, welcher durch das Pedal ein- oder ausgeschaltet wird. Der Arbeiter kann daher mit dem Druck seines Fusses die Stromspannung der Dynamo reguliren und auch nach Belieben den Hauptstrom im Apparat ein- oder ausschalten.

T a-

Totale Länge	Querschnittsverhältnisse der Schweissung	Querschnittsverhältnisse der Stange	Zugsfestigkeit Totale in Pfund	Zugsfestigkeit Pfund per Quadrat-zoll
Zoll	Zoll □Zoll	Zoll □Zoll		
3·75	1·74 Durchm. = 2·39	1 50 Durchm. = 1·77	79 640	45·070
36·25	1·22 » = 1·17	1·24 » = 1·21	57·900	49·500
36·—	1·— » = 7·85	1·— » = 7·85	42 690	54·380
11·9	Nicht geschweisst —	1·02 × 0·40 = 0·408	21·920	53·730
11·9	» » —	1·02 × 0·40 = 0·408	21·840	53·530
11·9	» » —	1·02 × 0·40 = 0·408	22·780	55·830
13·—	1·02 × 0·40 = 0·408	1·02 × 0·40 = 0·408	20 100	49·260
12·8	1·02 × 0·40 = 0.407	1·02 × 0·40 = 0 408	21·020	51·520
12·8	1·17 × 0.48 = 0·562	1·02 × 0·40 = 0·408	21·820	53·480
12·9	1·14 × 0·45 = 0·513	1·02 × 0·40 = 0·408	21·810	53·480
12·9	1·13 × 0·49 = 0 513	1·02 × 0·40 = 0·408	20·400	50·000
12·9	1·18 × 0·51 = 0·602	1·02 × 0·40 = 0·408	22·240	54·510
12·8	1·18 × 0·47 = 0·555	1·02 × 0·40 = 0·408	21·780	53·580
12·—	Nicht geschweisst —	0·50 Durchm. = 0·196	12·520	63·880
12.—	» » —	0·50 » = 0·196	11·160	56·940
12·2	» » —	0·50 » = 0·196	10·520	53 670
13 2	0·49 Durchm. = 0·189	0·50 » = 0·186	7·690	39·230
13·95	0.50 » = 0·196	0·50 » = 0·196	9·980	50·920
13·2	0·60 » = 0·283	0·50 » = 0·196	10·260	52·350
13·2	0·60 » = 0·283	0·50 » = 0·196	10·280	52·450
13·35	0·56 » = 0 246	0·50 » = 0·186	11·080	56·530
13·2	0 61 » = 0·292	0·50 » = 0·190	10 270	52·400
13·1	0 67 » = 0·353	0·50 » = 0·196	11·170	56·990
13·2	0·67 » = 0·353	0·50 » = 0·196	10·060	51·330
13·2	0·69 » = 0 374	0-50 » = 0·196	10·120	51·630
16·1	Nicht geschweisst —	0·62 » = 0·302	15·700	51·990
16·—	» » —	0 62 » = 0·302	17·980	59·540
16·—	» » —	0·66 » = 0 360	45·800	127·220
16·—	» » —	0 66 » = 0 360	45·670	126·860

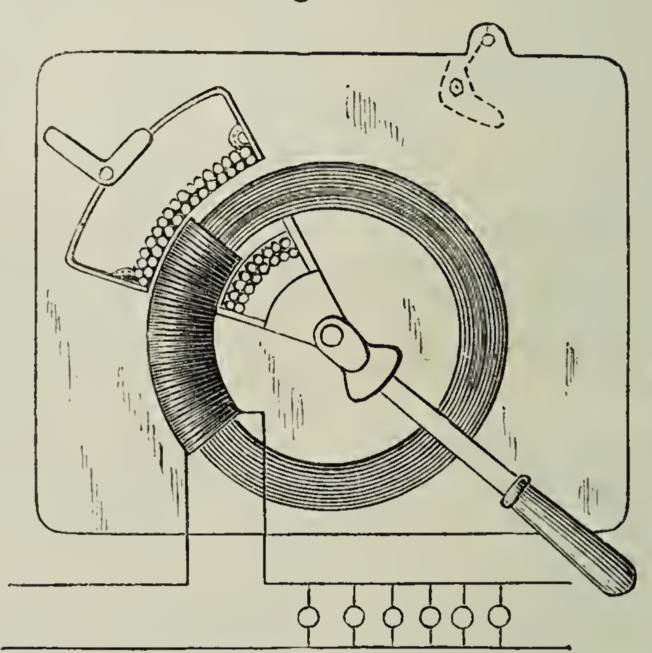
belle I.

Stelle des Bruches	Material	Aussehen des Bruches
3·5 Zoll von der Mitte der Schweissung	Schmiedeeisen	Faseriger Streif an der Peripherie.
An der Schweissung.	»	Körnig.
3 Zoll von der Schweiss.	»	Faserig.
	»	»
	»	»
	»	»
An der Schweissung.	»	»
»	»	»
3 Zoll von der Schweiss.	»	»
An der Schweissung.	»	Faserig z. Theil körnig.
»	»	» u. schwammig.
2·5 Zoll von der Schweiss.	»	Faserig.
3·7 » » » »	»	»
	»	»
	»	»
	»	»
An der Schweissung.	»	Faserig, z. Theil glatt. » u. schwammig.
»	»	Faserig.
1·5 Zoll von der Schweiss	»	»
1·6 » » » »	»	»
1·75 » » » »	»	»
1·8 » » » »	»	»
1·7 » » » »	»	»
1·5 » » » »	»	»
	»	»
	»	»
	»	»
	Octagonalstahl	Feinkörnig.
	»	»

Wickelungen. Die erregenden Kräfte der Stromkreise addiren sich. Die »reactive Spule« wird am besten neben dem Schweissapparat angebracht. Die Dynamo wird für jede Schweissung neu erregt.

Bei Schweissungen, welche rasch auf einander folgen sollen, bleibt die Dynamo in constanter Erregung. In diesem Falle wird behufs automatischer Regulirung eine reactive Spule mit dem Erreger-Stromkreis parallel

Fig. 14.



geschaltet. Selbsterregende Schweiss-Dynamos werden bis zu einer Capacität von 30.000 Watts gebaut. Ueber diese hinaus wird der Dynamo ein separater Erreger beigegeben, doch bleibt auch in diesem Falle die Dynamo eine sich automatisch regulirende. Wir kommen auf diese Regulirung, welche ihr Erfinder Hermann Lemp »cubic-compounding« nennt, noch zurück.

Die »reactive Spule« (reactive coil) Elihu Thomson's (Fig. 14) besteht aus einem Eisenring, welcher längs eines Drittels seines Umfanges mit dem

von der primären Spule kommenden Drahte umwickelt ist. Auf einem Hebel befindet sich eine secundäre dicke Wickelung, welche entlang der primären verschoben werden kann. Das Ganze kann als ein Transformator angesehen werden, dessen secundäre Wickelung beweglich ist. Die letztere kann auch durch ein massives Kupferstück ersetzt werden, welches die primäre Wickelung einhüllt.*)

Prof. Elihu Thomson will durch Beibehaltung einer beinahe constanten Potentialdifferenz an den

Fig. 15.

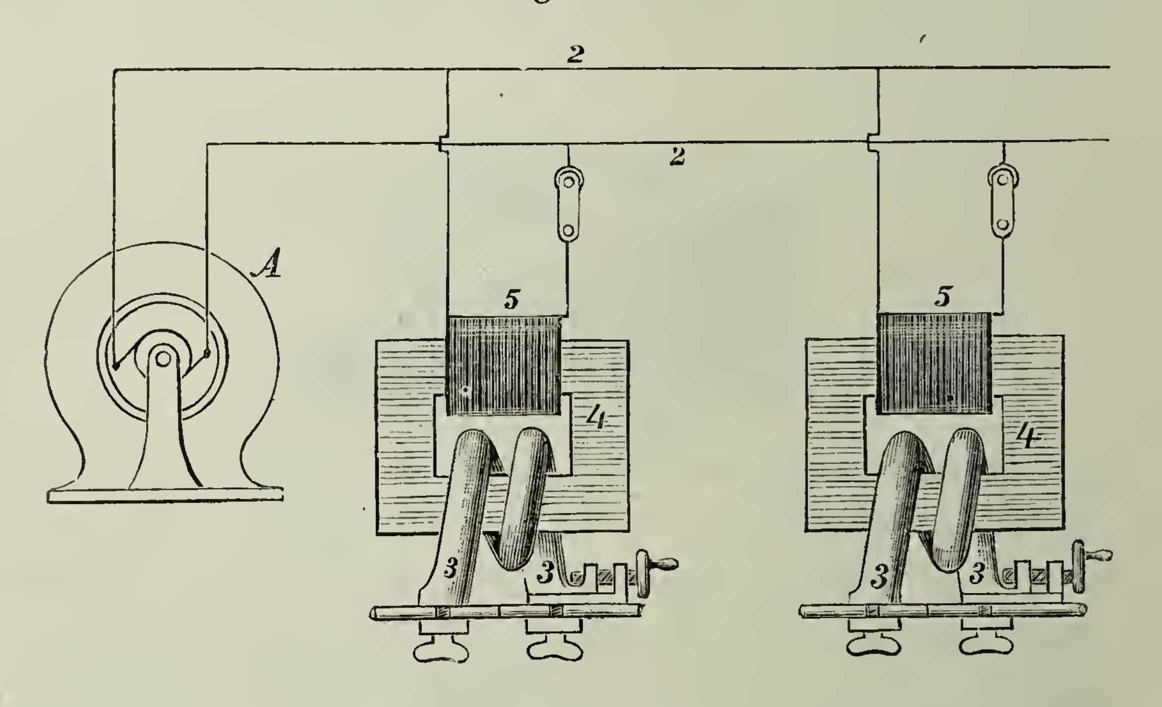
Arbeitsklammern, auf automatischem Wege eine graduelle Erhitzung der Arbeitsstücke erzielen, und zwar in Folge der graduellen Zunahme des elektrischen Widerstandes, welche durch die Temperaturzunahme hervorgerufen wird. Das Verhältniss zwischen Potentialdifferenz, Temperatur und Widerstandszunahme wird durch obenstehendes Diagramm (Fig. 15) veranschaulicht.**) »Durch diese Methode,« sagt Thomson wörtlich, »wird die Accumulirung der Hitze auf automatischem

*) Amerik. Patent Nr. 397,616. Appl. fil July 26, 1888. Fig. 14 ist blos eine schematische Darstellung der »reactive coil« deren eigentliche Gestalt je nach dem Schweissapparate variirt.

**) Amerik. Patent Nr. 444,946, dated January 20, 1891, Appl. fil. May 15, 1888.

Wege beschränkt (restrained), wenn höhere und höhere Temperaturen erreicht werden. Die Beschränkung ist ein Resultat des erhöhten Widerstandes, welchen die Arbeitsstücke erlangen, wenn ihre Temperatur zunimmt. Die Potentialdifferenz, obwohl sie ziemlich constant sein muss, darf nicht geringer sein als jene, welche nothwendig ist, um durch den erhöhten Widerstand einen Strom von so genügender Intensität zu senden,

Fig. 16.

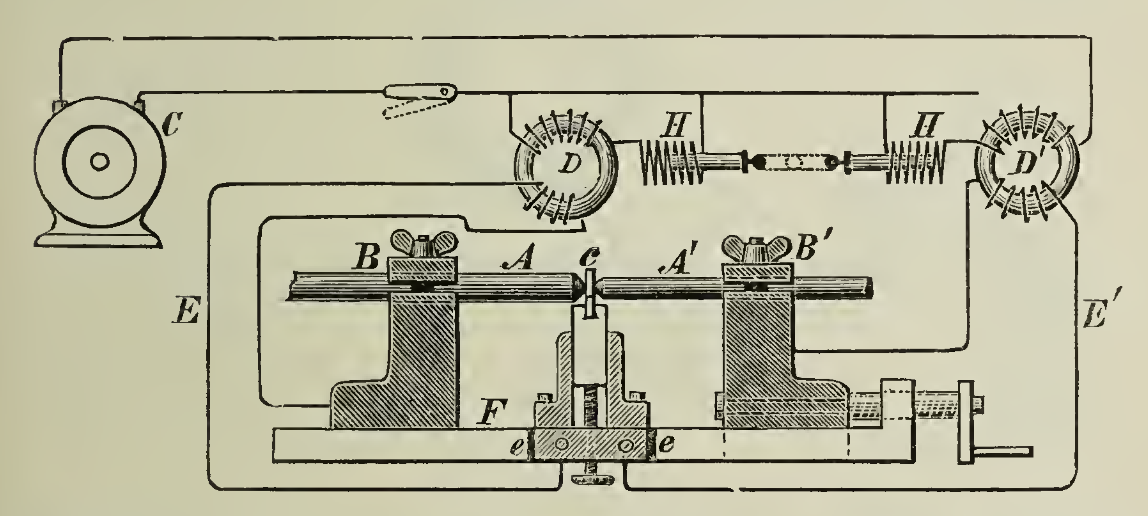


dass hiedurch die gewünschte Wärme-Ansammlung erreicht werde.« Fig. 16 zeigt die Anwendung des beschriebenen Systems für zwei Schweissapparate. *A* ist eine Wechselstrom-Maschine, 2 ist die Hauptleitung, 3 die secundäre Wickelung, 4 der Eisenkern und 5 die primäre Wickelung der Transformatoren.

Bei Schweissungen von Arbeitsstücken ungleichen Widerstandes mag es nothwendig werden, den Stromverbrauch in jedem einzelnen Stücke besonders zu

regeln. Fig. 17 zeigt eine von Dewey ersonnene diesbezügliche Anordnung.*) BB^1 sind die Klammern, in welchen die Arbeitstücke AA^1 festgehalten werden. C ist eine Wechselstrom-Maschine, DD^1 sind Transformatoren, welche parallel auf die Hauptleitung geschaltet sind. EE^1 sind die secundären Stromkreise. HH sind Inductionsspulen mit beweglichen Eisenkernen. Sie dienen zur Regelung des Stromes im

Fig. 17.



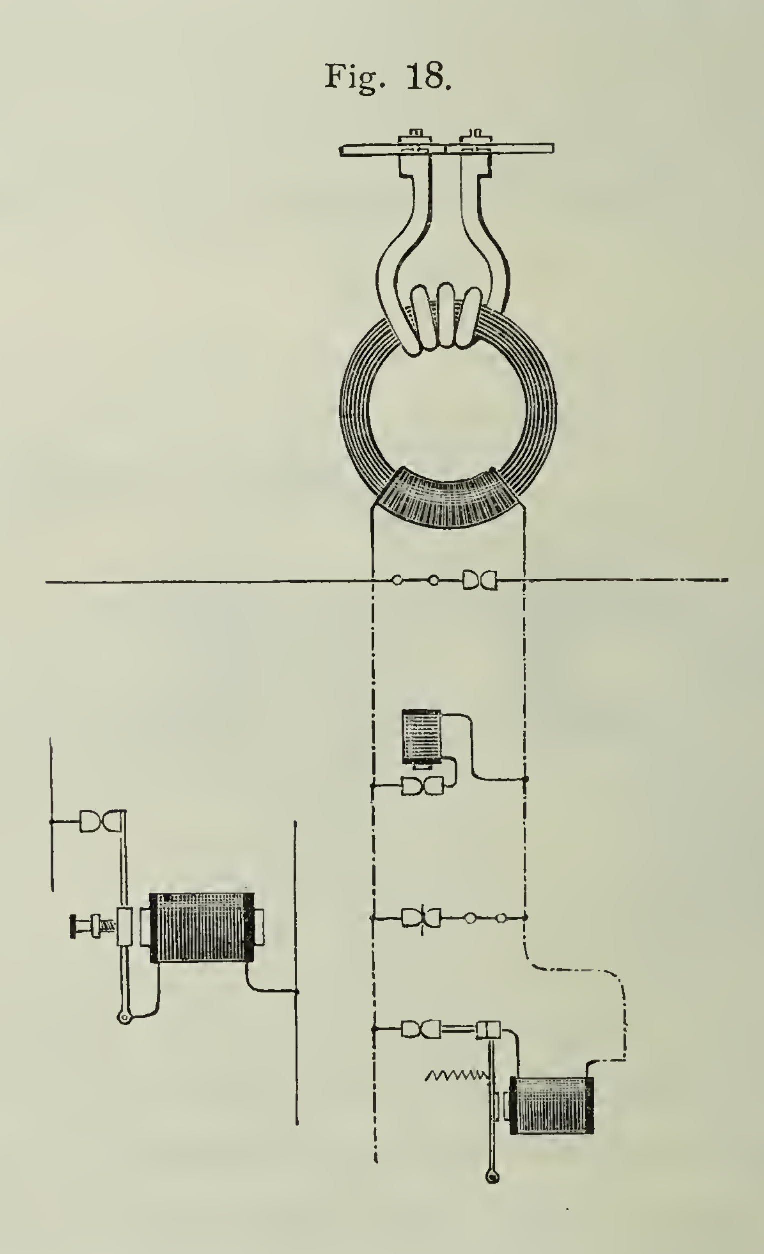
primären Kreise der Transformatoren. Zwischen den beiden Arbeitsstücken befindet sich eine bewegliche Platte *c*, welche den elektrischen Contact der Stücke herstellt und nach Belieben entfernt werden kann, sobald die Schweisstemperatur erreicht ist. Der Block, auf welchem *c* ruht, ist von den Klammern in *ee* isolirt.

Es mag beim Schweissen von leichtflüssigeren Metallen (besonders bei Kupfer und Messing) in Folge von Unvorsichtigkeit häufig vorkommen, dass die Arbeitsstücke zu schmelzen an-

*) Amerik. Patent Nr. 435.644, dated September 2, 1890. Appl. filed June 14, 1890.

fangen, was eine plötzliche Unterbrechung des secundären Stromkreises und die Bildung eines hochgespannten Extrastromes im primären Stromkreise zur Folge hat. Bei Wechselströmen wird in diesem Falle die primäre

Fig. 18.

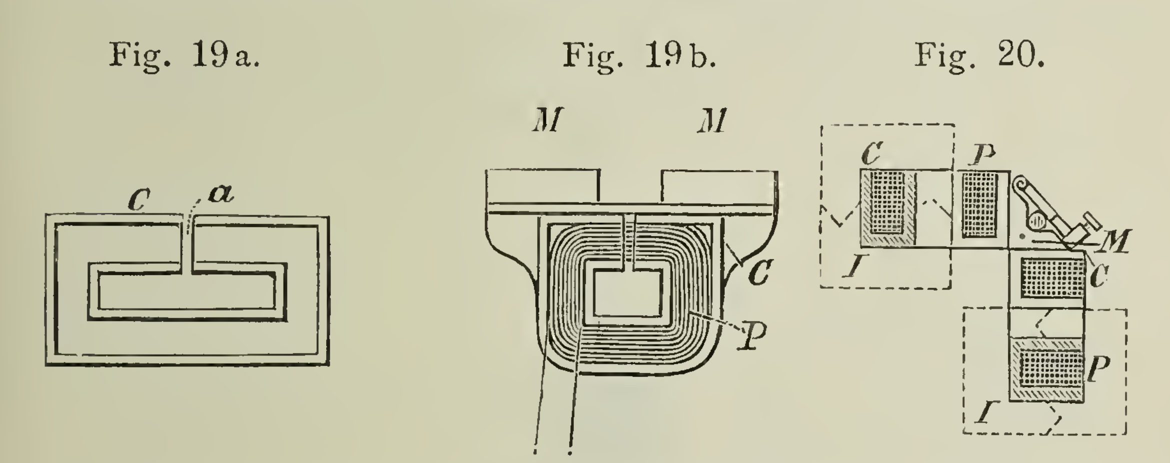


Wickelung des Transformators gefährdet und kann leicht ausbrennen. Elihu Thomson hat daher einen »Induction-Discharge-Protector« erfunden, welcher an die Klemmen der primären Wickelung angeschlossen wird und dazu dienen soll: »für eine Induction hoher

Spannung einen Ausweg zu schaffen«. Die beigegebene Figur 18 erklärt die beschriebene Anordnung.*)

Bei Schweissungen, welche besonders grosse Intensitäten erfordern, bedient sich Hermann Lemp mehrerer parallel geschalteter Transformatoren anstatt eines einzigen, welch' letzterer zu schwer und zu gross ausfallen müsste, falls er allein den gewünschten Wärmeeffect hervorzubringen hätte.**) Der secundäre Stromkreis wird durch einen mehrartigen Kupferrahmen gebildet, welcher die in *c* gezeigte Form (Fig. 19a) besitzt. In

Fig. 19a. Fig. 19b. Fig. 20.



den hohlen Theilen des Rahmens wird die primäre Spule *P* gelagert. Auf jeder Seite der Oeffnung *a* befinden sich die Arbeitsklemmen *M* (Fig. 19b). Man ersieht aus Fig. 20, wie die zwei Transformatoren des Apparates angeordnet sind. In dem von ihnen gebildeten rechten Winkel werden die Klemmen *M* gelagert.

In Fig. 21 sind die beiden Transformatoren *CC* parallel zu einander gestellt und die Klemmen *M*

---

*) Amerik. Patent Nr. 434.531. Appl. fil. Aug. 8. 1889. Siehe auch »Automatic Electrical Welding Machines« by Hermann Lemp, Electrical World, Juni 7, 1890, p. 391.

**) Amerik. Patente Nr. 440.440 und 440.641, April und Juni 1890.

gleiten auf den durch die schief geschnittenen Oberflächen der secundären Spule gebildeten *V*-förmigen Weg. Die sich

Fig. 21.

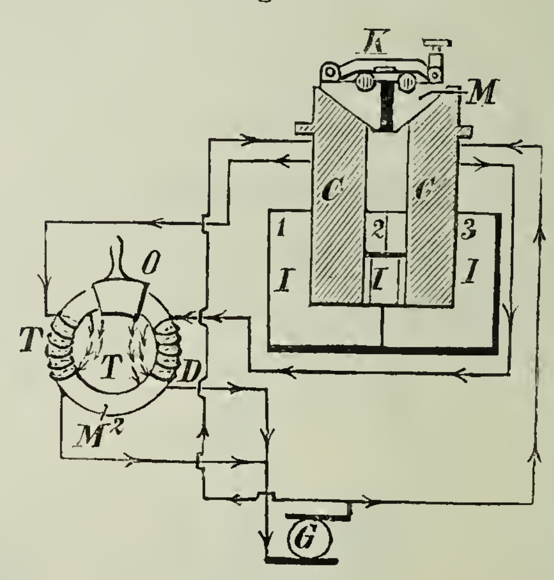
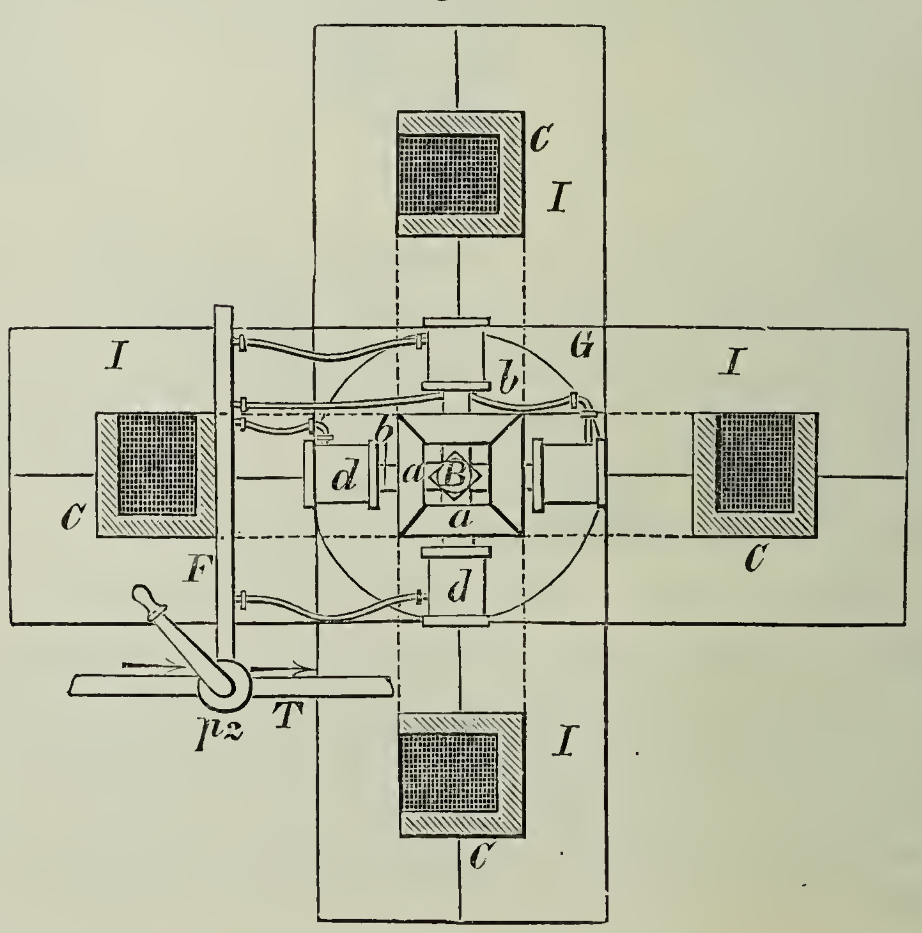


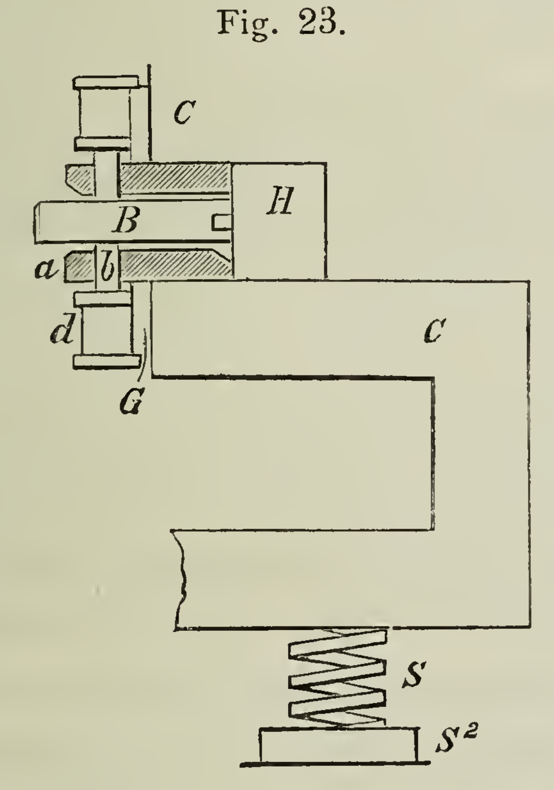
Fig. 22.



gegenüberstehenden Seiten der Eisenkerne sind durch ein Eisenstück *I* mit einander vereinigt, so dass sie einen geschlossenen magnetischen Kreis bilden. *O* ist die zur Regulirung des Stromes dienende »Reactions-Spule«, welche mit zwei Wickelungen versehen ist.

In Fig. 22 und 23 sehen wir vier Transformatoren *C* angewendet*). *B* ist das zu schweissende

Fig. 23.



Stück, *a a* sind isolirte Contacte, durch welche der Strom zugeführt wird. *d* sind Cylinder einer hydraulischen Maschine, mittelst welcher behufs Erzielung eines guten elektrischen Contactes die Stangen *b* auf das Arbeitsstück *B* gepresst werden. Diese Cylinder sind durch ein bewegliches Kreisstück *G* regulirbar. Der Wasserzufluss geschieht durch den Hahn *p''* nach *FT*.

*) In dem Projectil-Schweissapparat Thomson's sind vier Transformatoren in der beschriebenen Weise angewendet. Siehe das betreffende Capitel in dem Abschnitt »Verschiedene Anwendungen«.

Anwendung von Gleichstrom oder Wechselströmen.

Die Frage, ob vorzugsweise Gleichstrom oder Wechselströme bei dem elektrischen Schweissverfahren angewendet werden sollen, ist noch nicht recht gelöst. Die Meinungen hierüber sind getheilt.

Preece meint, dass bei Anwendung von Wechselströmen die entwickelte Wärme im Eisen nicht allein vom Durchgang des elektrischen Stromes herrühre, sondern auch von der Hysteresis, von den im Eisen durch Magnetismus hervorgerufenen »molekularen Bewegungen oder Reibungen, welche mit der Anzahl der Stromwechsel per Secunde und mit der Intensität des Stromes variiren«. Preece stellt direct die Behauptung auf, dass mit Wechselströmen ein grösserer Wärmeeffect zu erzielen sei, wie mit Gleichstrom.

Crompton ist gegentheiliger Ansicht und bestreitet, das die Hysteresis den Wärmeeffect erhöhe.

Mordey weist besonders auf die praktische Verwendbarkeit der Wechselströme hin, welche es gestattet, indirect Ströme von niederer Spannung und grösserer Intensität an einem beliebigen Orte zu erzeugen, ohne deswegen die Stromquelle ganz nahe beim Apparate haben zu müssen, wie dies beim Gleichstrom der Fall sei. Die Hysteresis könne den Wärmeeffect nicht erhöhen, weil bei hohen Temperaturen der Magnetismus und mit ihm auch die Hysteresis im Eisen aufhöre. Der Widerstand in einem Leiter sei für Wechselströme höher, wie für Gleichstrom. Die Wechselströme seien an der Aussenfläche eines Leiters dichter als im

Innern desselben, es wäre daher leichter, mit ihnen einen anfänglichen Wärmeeffect hervorzubringen, als bei Gleichstrom, wo sich der ganze Querschnitt des Leiters mit einem Male zu erwärmen hat.

Bei Wechselströmen werde zuerst die Aussenfläche des Leiters erwärmt, bei Gleichstrom gehe die Erwärmung vom Mittelpunkte aus. Bei Wechselströmen gehe die Hitze von auswärts nach innen, bei Gleichstrom ist dies umgekehrt.

Die erzielten praktischen Resultate sind, wie Prof. Elihu Tomson meint, nicht sehr verschieden, ob nun Gleichstrom oder Wechselströme zur Anwendung kommen. Es ist von Mordey eingewendet worden, dass die Wechselströme in Leitern von grossem Querschnitt das Bestreben haben, ihre Richtung zur Oberfläche des Leiters zu nehmen, oder in dem vom Mittelpunkt am weitesten entfernten Theile zu kreisen. Dieses Bestreben ist vorhanden, aber es wird von dem Fall des Potentials in einer gegebenen Länge eines Leiters abhängen, wie weit diesem Bestreben Gelegenheit zur Entwicklung gegeben werden soll. In anderen Worten, wenn der Fall des Potentials bei einer Schweissung z. B. zwei Volts in einer Länge von zwei Zoll der zu schweissenden Stange beträgt, so wird die »Dichtigkeit« des Stromes nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Mittelpunkte der Stange eine grosse sein. Natürlich ist diese Dichtigkeit nahe zu der Aussenfläche viel grösser. Der Hitzeeffect soll ja aber gerade an der Aussenfläche stärker sein, als im Centrum, wegen der an der Aussenfläche statthabenden Wärmeausstrahlung. Das

praktische Resultat wird sein, dass eine gleichmässige Erwärmung des ganzen Querschnittes der Stange stattfindet, und es können ohne Zweifel bei der Operation solche Anordnungen getroffen werden, dass eine solche gleichmässige Erwärmung erzielt werde.

Ueberhaupt werden, wo es möglich ist, Anordnungen getroffen, dass die Wärmeentwicklung von Innen heraus statthabe. Wenn z. B. zwei Stangenenden zusammengeschweisst werden sollen, werden dieselben abgerundet oder gar zugespitzt, so dass sie, wenn sie aneinander gepresst werden, im Mittelpunkte ihres Querschnittes zusammentreffen. In solchen Fällen beginnt also die Wärmeentwicklung im Centrum des Arbeitsstückes, ob nun Gleich- oder Wechselströme angewendet werden.

Prof. Thomson erwähnt hiebei folgenden Umstandes: Man hat gefunden, dass man die Vertheilung der Wechselströme durch Vermehrung oder Verminderung der Selbstinduction in den verschiedenen Theilen der Arbeitsstücke leicht reguliren könne und zwar durch die Näherung von magnetisirbaren Eisenmassen. Diese Regulirungsart ist von Thomson auf die verschiedenste Weise angewendet worden, und zwar hauptsächlich dort, wo der Hitzeeffect durch andere Verfahren schwer auf die Schweissstelle localisirt werden kann. Dies hat statt in Ringen, Reifen und anderen endlosen Gegenständen. (Siehe Seite 178.)

Eine der von Prof. Elihu Thomson zuerst verwendeten Elektricitätsquellen war eine Wechselstrom-Dynamo, welche einen Strom von verhältnissmässig hoher Potentialdifferenz an die primäre Wickelung

einer Inductionsspule oder eines Transformators abgab. Die secundäre Spule war von so grossem Querschnitt, dass die in ihr inducirten Ströme zwei bis drei Volts Spannung nicht überstiegen.*)

Diese erste Transformator-Type hat sich bis heute noch erhalten und die meisten Apparate werden auf dieser Basis

Fig. 24.

Transformator

*) Prof. Elihn Thomson hielt am 9. December 1886 in der »Society of Arts« im Massachusetts Institute of Technology einen von Experimenten begleiteten Vortrag über »Eine neue Art von Schweissung«, in welchem die industrielle Entwicklung des elektrischen Verfahrens dem Publicum zum erstenmal anschaulich gemacht wurde. Die hiebei als Elektricitätsquelle dienende Dynamo war eine selbsterregende Wechselstrom-Maschine, welche 1800 Umdrehungen in der Minute machte und bei voller Belastung ungefähr 25 Pferde-

construirt.*) Die secundäre Spule besteht gewöhnlich aus einer einzigen Windung. Andere Apparate, in welchen die erzeugten Ströme vom Dynamo-Anker aus den Klammern direct zugeführt werden, sind in beschränkterem Gebrauche.

Die Wechselstrom-Dynamos Hermann Lemp's, welche von der Thomson Electr. Welding Co. angewendet werden und zu Schweisszwecken dienen, sind alle ähnlich in Form, haben aber natürlich verschiedene Grössen und Wickelungen. Ein rundes Gestell hält die nach innen gerichteten Elektromagnete, deren Anzahl von zwei bis sechs variirt. Der Anker ist eine sogenannte »pole-armature«, das heisst: der Kern hat zwei, vier oder sechs Ausläufer, um welche die Spulen gewickelt sind. Die Dynamos sind entweder selbsterregend, oder haben separate Erreger, oder sind auch sogenannte »composite dynamos«, bei welchen der Erreger mit dem Anker auf einem Gestelle angebracht ist.

Die Potentialdifferenz beträgt gewöhnlich 300 Volts. Der Strom durchmacht 100 Alternationen in der Secunde oder 6000 in der Minute. Die Vierpolmaschinen machen 1500, die Sechspolmaschinen 1000 Umdrehungen in der Minute.

---

kräfte erforderte. Das Gewicht des Kupfers auf dem Anker war 10 Pfund, jenes des Kupfers auf den Magnetschenkeln 40 Pfund. Die Regulirung geschah durch einen in den Erregerstromkeis eingeschalteten Handrheostaten. Siehe über diesen Vortrag »Electrical Review«, 18. December 1886, »Scientific American Supplement«, Nr. 582, 26. Februar 1887, Nr. 592 derselben Zeitschrift vom 7. Mai 1887, »Electrical World« vom 25. December 1886.

*) Fig. 24 zeigt die von Elihu Thomson im amerik. Patent Nr. 398.913 (Appl. fil. Juni 2, 1888) beschriebene Anordnung.

Fig. 25.

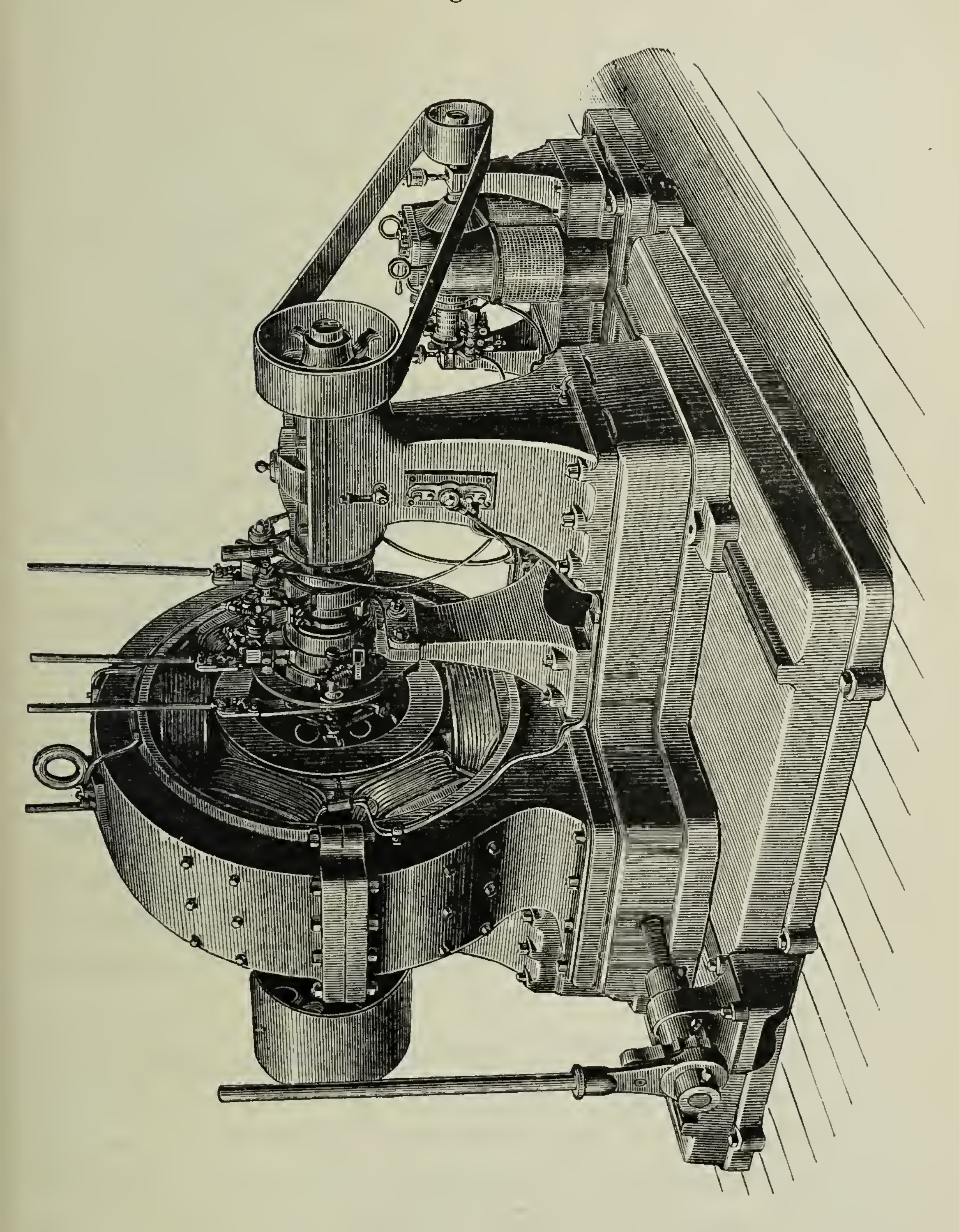


Fig. 25 zeigt eine Lemp'sche Wechselstrommaschine von 60.000 Watts für Schweisszwecke.

Die von Hermann Lemp entworfene automatische Regulirung der zu Schweisszwecken dienenden Dynamos besteht in einer doppelten oder dreifachen Erregung des magnetischen Feldes. Die Erregung geschieht hauptsächlich durch eine besondere Spule *M* (siehe Fig. 26 und 27), welche sich auf dem Anker befindet und deren beiden Enden mit einem Commutator *C* verbunden sind, durch welchen die zur Erregung der Elektromagneten bestimmten Wechselströme in Gleichstrom umgewandelt werden. In den dergestalt gebildeten Erregerstromkreis *E* wird behufs Regulirung ein Rheostat *R* eingeschaltet. Mit diesem Stromkreis parallel geschaltet ist der Haupt- oder Arbeitsstromkreis, welcher seine Energie direct an den Transformator *P* und Schweissapparat *T* abgiebt. Der Hauptstrom, welcher die ganze Ankerbewicklung *N* durchkreist, nimmt unter gewöhnlichen Verhältnissen an der Regulirung des magnetischen Feldes in geringerem Masse theil als die bedeutend kürzere Erregerspule *M*; wird jedoch die Stromintensität im Hauptstromkreise eine bedeutendere, so nimmt auch des letzteren Antheil an der Magnetirungsarbeit zu, und derselbe addirt sich zu den von der Erregerspule hervorgerufenen Effecten.

Falls die Dynamo einen separaten Erreger hat, wird die Regulirung in erster Linie durch einen in den Erregerstromkreis eingeschalteten Rheostaten bewirkt. Eine vom Hauptstromkreis abgenommene Abzweigung S^2 geht an einen Commutator, welcher die Ströme in der Abzweigung gleichrichtet, die dann ebenfalls an der Magnetirungsarbeit theilnehmen. (Fig. 28).

Fig. 26.

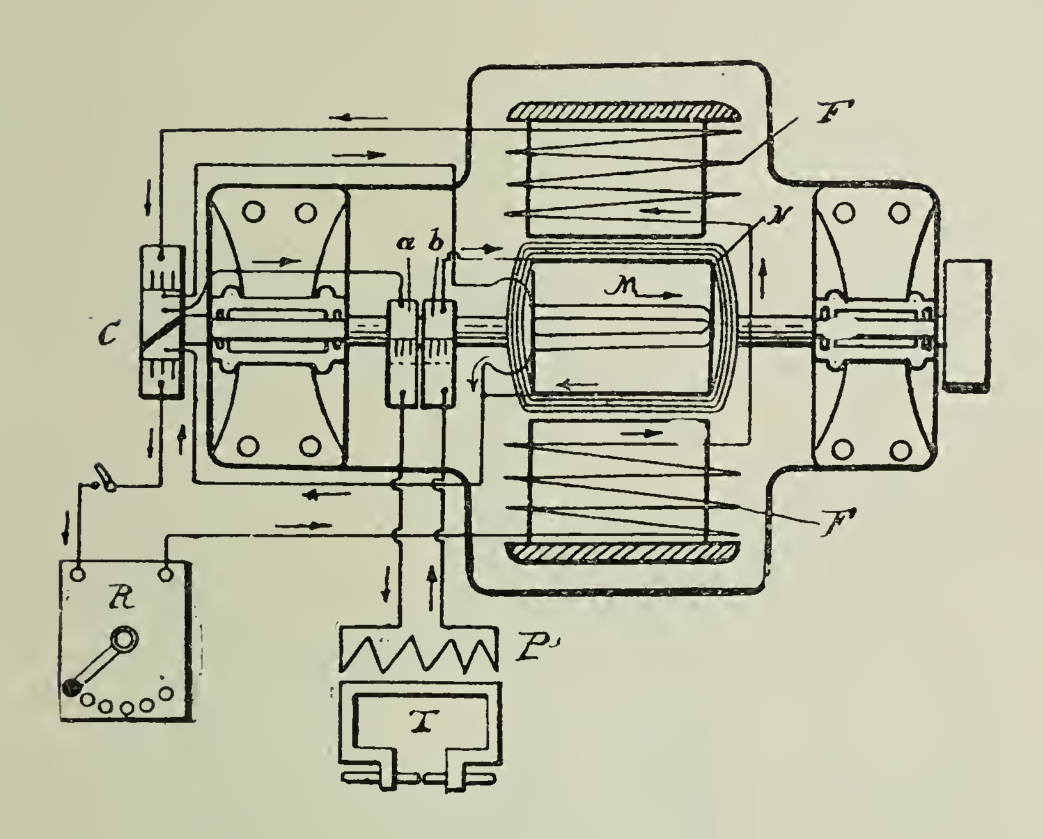
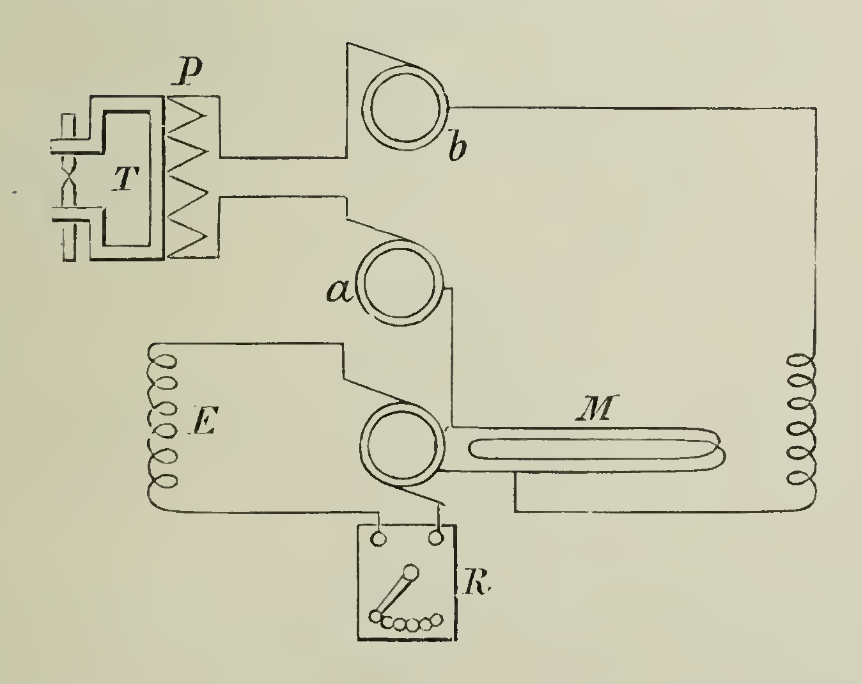


Fig. 27.



In einer anderen Anordnung Lemp's ist eine dreifache Erregung des magnetischen Feldes, die soge-

nannte »cubic compounding« vorgesehen (Fig. 29 und 30.) Wie wir aus Fig. 25 ersehen, befinden sich auf der Anker-Axe vier Ringe für Schleifcontacte. Der vorderste

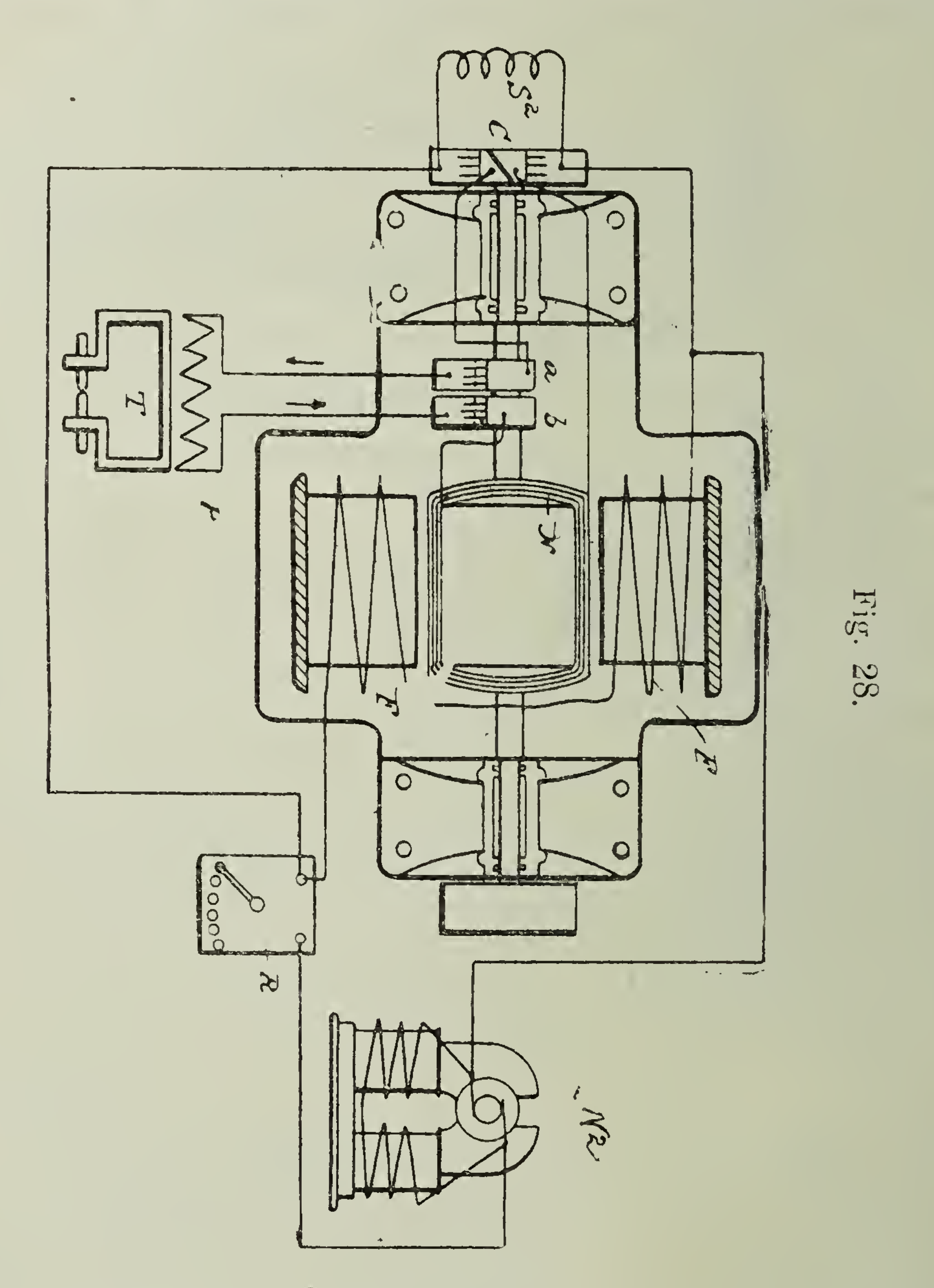


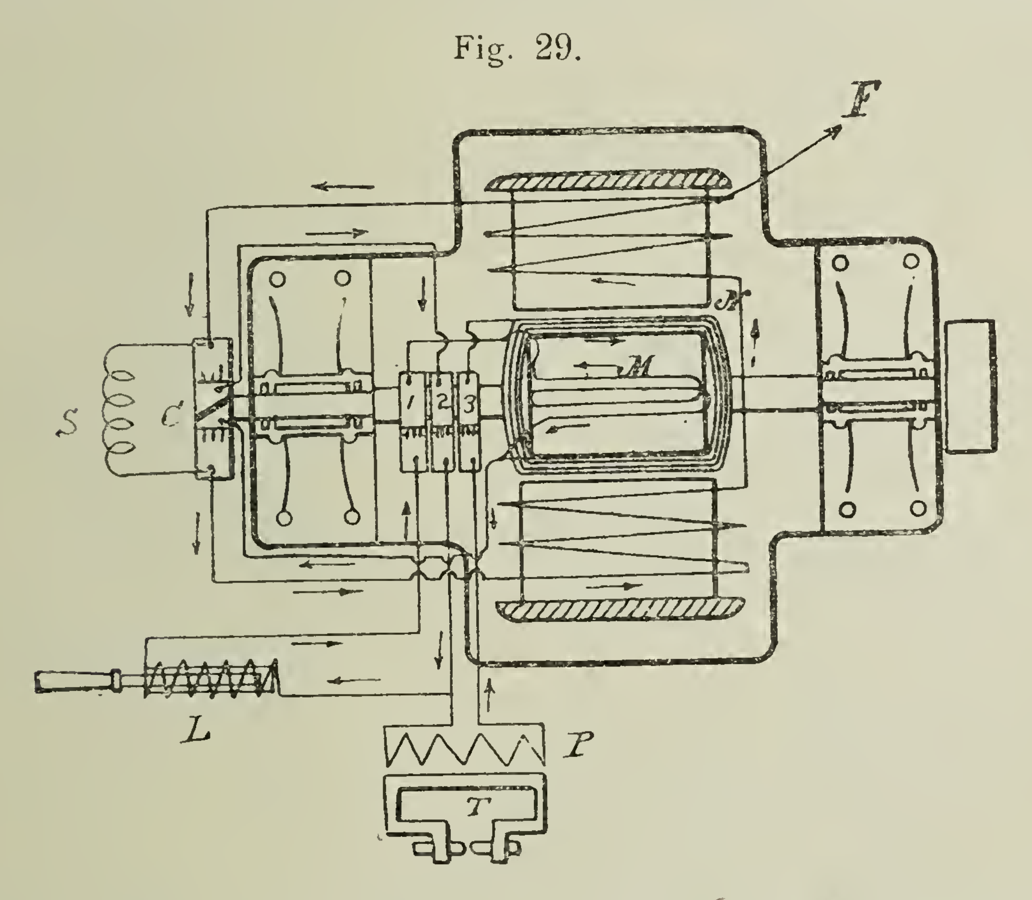
Fig. 28.

mit zwei Segmenten dient als Commutator *C* zur Gleichrichtung der von der Erregerspule *M* kommenden Wechselströme. Von diesem Commutator sind abgezweigt: der Erregerstromkreis *F*, welcher die Wickelung

der Elektromagnete bildet; ferner eine im Nebenschluss befindliche Spule *S*, welche ebenfalls an der Erregung theilnimmt.

Der von dem separaten Erreger kommende Gleichstrom geht ebenfalls an den Commutator. Zwei von den restlichen Ringen erhalten auf dem Umweg über *F* die im Anker inducirten Ströme und übermitteln dieselben direct an den Transformator *P*. Der dritte Ring

Fig. 29.



ist mit dem einen Ende der Erregerspule *M* verbunden. Ein Schleifcontact übermittelt den Strom dieser Spule einem dritten in der Figur ersichtlichen Kabel, derselbe geht durch das Kabel in die »reactive Spule« und kehrt mittelst des zweiten Ringes zum Hauptstrom zurück. Wir können uns nun den Stromlauf folgendermassen vergegenwärtigen:

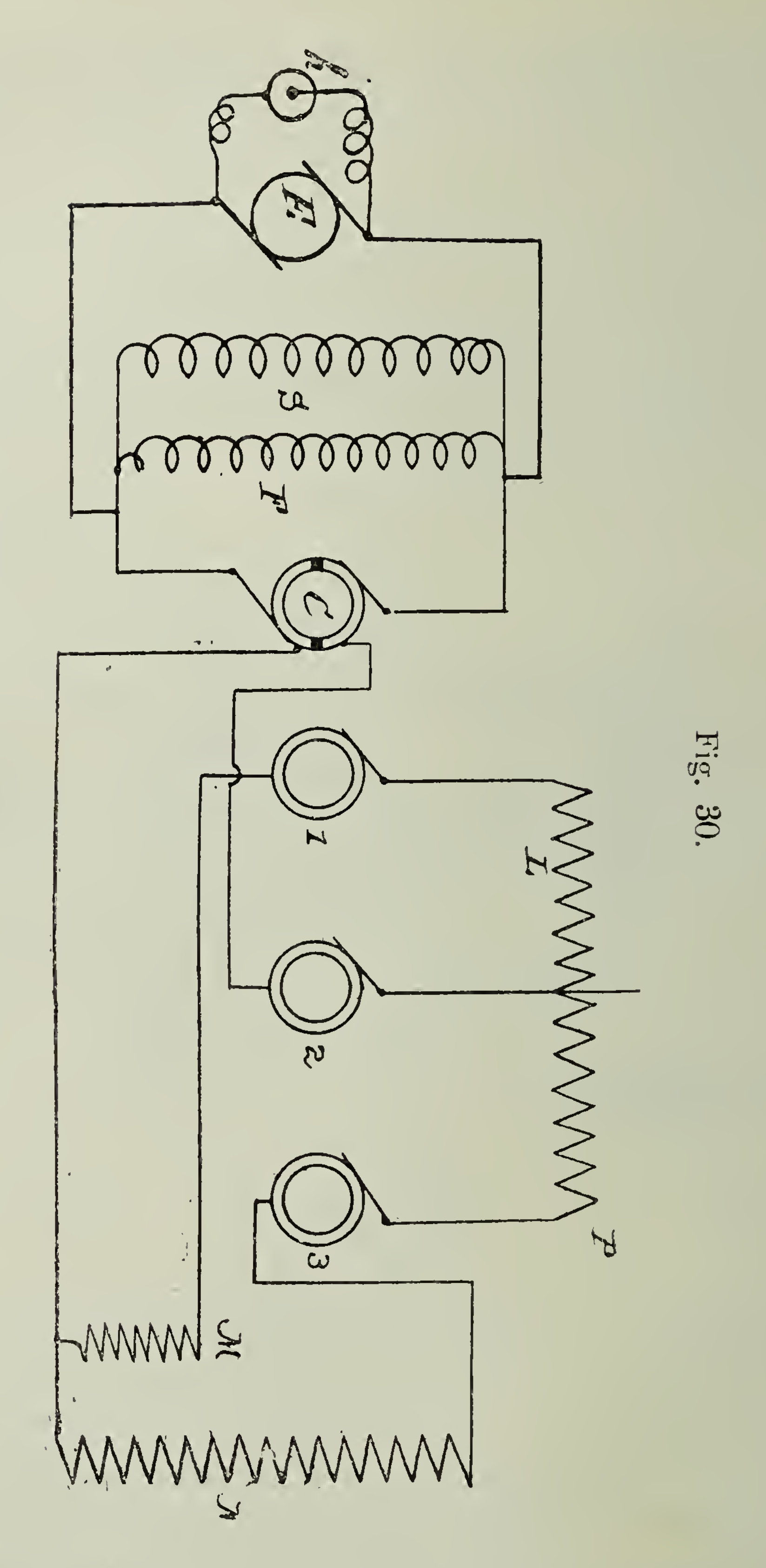


Fig. 30.

1. Stromkreis gebildet durch die fixe Ankerbewicklung. Die inducirten Ströme gehen direct an die

primäre Spule des Transformators *P*, von hier an einen Schleifcontact, von da aus durch die Wickelung *F* der Elektromagnete zurück nach dem Anker. Die Ankerwickelung erfüllt also auch den Zweck einer Compoundwickelung, wie solche gewöhnlich bei Gleichstrom-Dynamos üblich ist.

2. Stromkreis, gebildet durch die Erregerspule *M*. Dieselbe ist an den Commutator *C* angeschlossen. Der Strom geht durch die Spule, von hier aus mittelst Schleifcontact in die zur Regulirung dienende »reactive Spule«, von da zu den Elektromagneten und dann wieder zurück zum Commutator. Die Erregerspule liegt im Nebenschluss zur Ankerbewicklung.

3. Stromkreis gebildet durch eine unabhängige Spule *S*, welche ihren Strom von der Ankerbewicklung erhält und mit den Elektromagneten parallel geschaltet ist. Sie nimmt ebenfalls an der Erregung theil.

4. Stromkreis der Elektromagnete, abgezweigt von dem Commutator, mittelst welchem die Wechselströme gleichgerichtet werden.

5. Falls ein separater Erreger vorhanden ist, Stromkreis desselben, in den Commutator ausmündend.*)

Eine Maschine für directe Schweissung des Professors Elihu Thomson wird, was ihre elektrische Anordnung betrifft, folgendermassen beschrieben:**) Die Maschine besteht aus einem rotirenden Feldmagnet, aus einer fixen Spule, in welcher die zur Erregung der eigentlichen elektrischen Maschine

*) Siehe »L'Industria« Vol. V Nr. 36, Seite 570, Abhandlung des Hollis French über die Lemp'sche Regulirungsmethode.

**) The Electrician, Nr. 640, Vol. XXV.

bestimmten Ströme durch die Drehung des Feldmagneten inducirt werden, aus einer zweiten fixen Spule, in welcher die zur Schweissung nothwendigen starken Ströme ebenfalls durch die Umdrehungen des Feldmagneten inducirt werden; und endlich aus einem Commutator, welcher die zur Erregung bestimmten Ströme gleichrichtet.

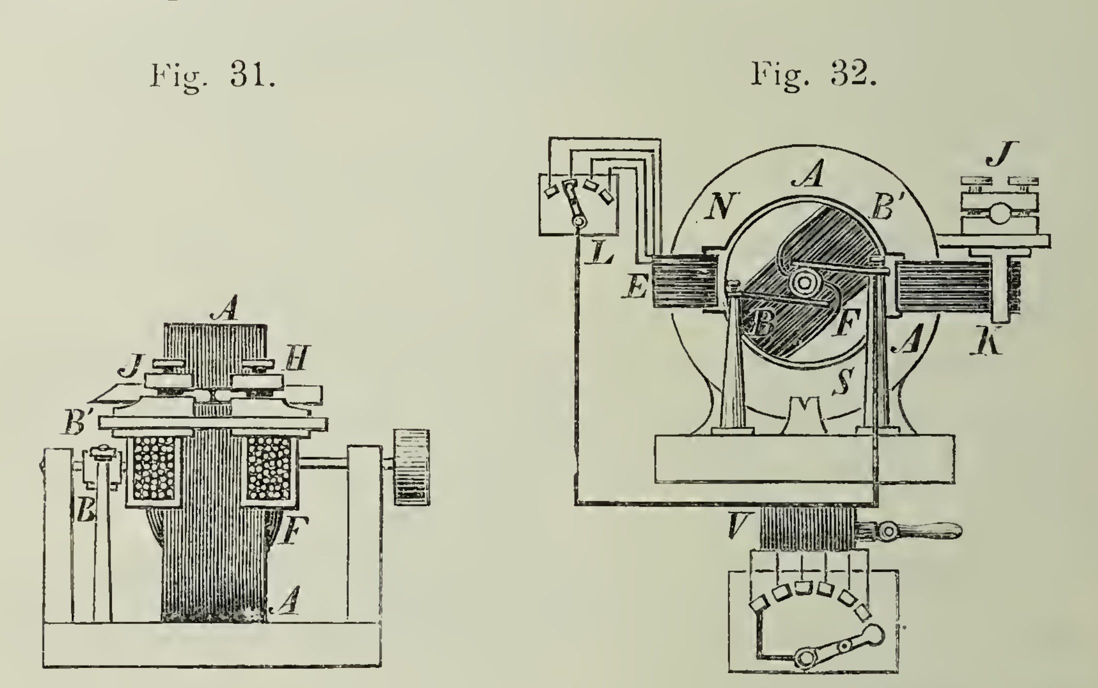


Fig. 31. Fig. 32.

Die Regulirung des Stromes geschieht durch eine Spule von variabler Reaction oder Selfinduction, welche in den Erregerstromkreis zwischen der Erregerspule und dem Commutator eingeschaltet wird.*)

Das Schema der Maschine ist folgendes: Fig. 31 ist eine Seiten- und Fig. 32 eine Frontansicht. *N* und *S* sind die Pole des rotirenden Feldmagneten. *AA* ist

*) Amerik. Patent Nr. 432.652. Appl. fil. Jan. 22, 1889. Diese Dynamo für directe Schweissung ist bis jetzt nicht in die Praxis übergegangen und wird auch wahrscheinlich nie zur Anwendung gelangen.

das Eisen des Ankers, welcher als ein aus dünnen Scheiben bestehender Ring dargestellt wird, in welchem Vertiefungen zur Aufnahme der Erregerspule *E* und des Stromabgebers *K* eingeschnitten sind. Ein aus zwei Halbringen bestehender Commutator mit zwei Bürsten BB^1 hat seine Segmente mit den Enden der Bewicklung des Feldmagneten *F* verbunden. Die Bürsten sind mit den Enden der Erregerspule *E* verbunden. In den Stromkreis ist ein variabler Selfinductor *V* eingeschaltet. Der Stromabgeber *K* endigt in zwei Klammern *J H*, welche die zu schweissenden Stücke festhalten. Der Stromabgeber *K* besteht aus einer oder mehreren Touren einer dicken Wickelung um den Ankerkern Die Erregerspule *E* ist mit mehreren Wickelungen versehen, welche durch einen Gleitcontact aus- oder eingeschaltet werden können. Während der Arbeit wird der in *E* inducirte und das Feld erregende Strom in *V* variirt, wodurch die Regulirung der Potential differenz und der Intensität des Arbeitsstromes in *K* herbeigeführt wird.

Diese Dynamomaschine wurde, wie der Erfinder sagt, entworfen, um eine grosse Compactheit des Apparates zu erzielen und den Hauptstrom den Arbeitsstücken, direct ohne Bürstencontacte, zuzuführen.*)

Gleichstrom-Dynamos haben beim elektrischen Schweissverfahren eine beschränkte Verwendung gefunden. Thomson bediente sich im Anfange seiner Versuche

*) »Electrician« (Nr. 640, Vol. XXV) weist auf die Aehnlichkeit hin, welche diese Dynamomaschine mit Ayrton's und Perret's altem Motor nnd mit Siemens' »Topfmaschine« (Ausstellung Paris 1881) besitzt.

auch des Gleichstromes, und zwar construirte er eine Dynamo von geringer elektromotorischer Kraft. Der Schweissapparat war direct über der Dynamo angebracht. Thomson construirt, wie erwähnt, auch heute noch Apparate, in welchen der Strom den Klammern direct zugeführt wird, doch sind es Wechselstrom-Apparate. Man setzte bis jetzt wahrscheinlich voraus, dass jede Anlage für elektrische Schweissung ihren besonderen Motor zur Erzeugung des elektrischen Stromes werde haben müssen. Sobald aber daran gegangen wird, den nöthigen Strom einer elektrischen Centrale zu entnehmen, wird man für jene Orte, wo diese Centrale blos Gleichstrom liefert, wohl Gleichstrom-Schweissapparate construiren müssen, oder aber dem gewöhnlichen Schweissapparate eine Vorrichtung zur Umwandlung des Gleichstromes in Wechselströme beigeben müssen.

Accumulatoren.

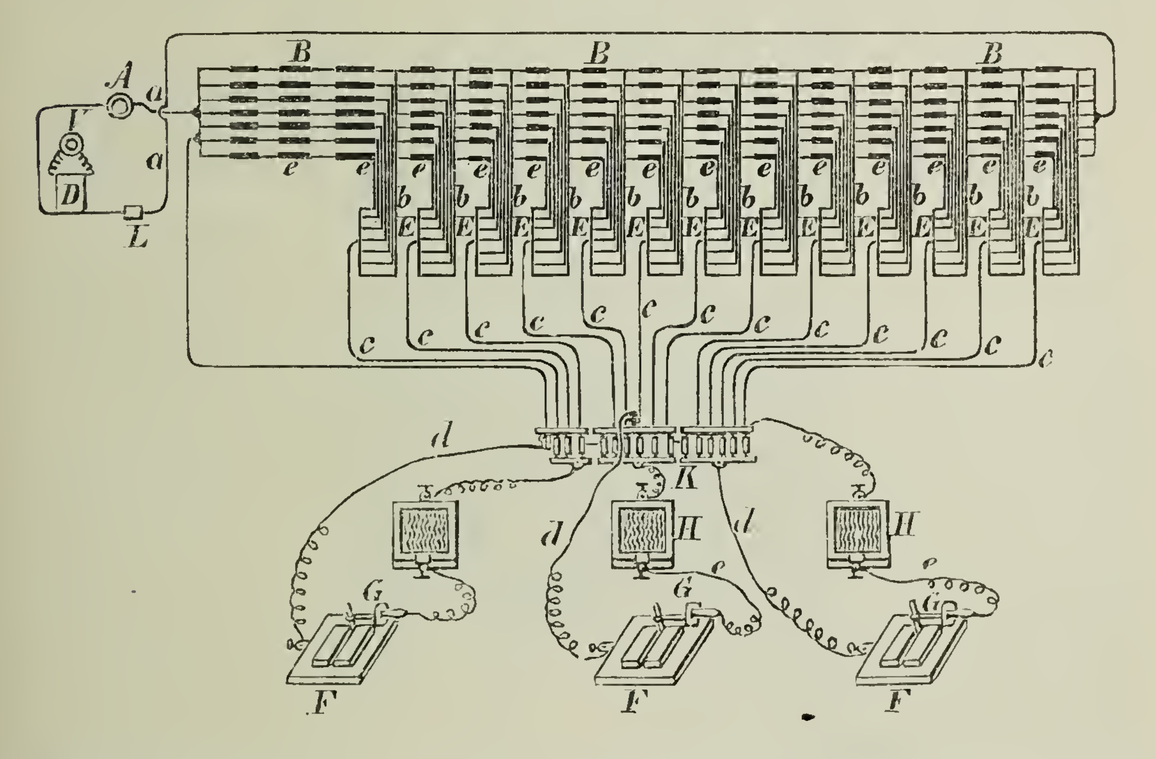
Accumulatoren werden noch hie und da angewendet, doch meist nur zu Versuchen, oder dort, wo kein grosser Energieaufwand beansprucht wird.

Fig. 33 zeigt die Anordnung einer Batterie Accumulatoren, wie sie seinerzeit von Benardos in seiner Petersburger Werkstätte angewendet wurde.*) Der Strom der Dynamo *D* wird den Accumulatoren *BB* durch die Kabel *aa* zugeführt. Die Batterie ist in verschiedene Gruppen *ee*... eingetheilt. Die Kabel *bb* führen den Strom dieser Accumulatoren an Commuta-

*) Siehe Mittheilung Kamensky's im »Bulletin du Février 1888 de la Société des Ingenieurs Civils de Paris.«

toren *EE*, mit deren Hilfe die Zellen parallel geschaltet werden können. Von jedem einzelnen Commutator führt ein Kabel *c* nach dem Hauptcommutator *K*. Von hier aus geht ein Kabel *d* nach dem Schweissapparat *F*, resp. nach dem Arbeitstisch dieses Apparates, während ein anderes Kabel *e*, einen Widerstand *H* in sich einschliessend, nach dem Kohlenstift *G* führt. Die Commutatoren *EE* sind derart angeordnet, dass man durch

Fig. 33.



Stöpselung eine bekannte Anzahl von Accumulatoren ein- oder ausschalten kann. Der Haupt-Commutator *K* hat Vertical- und Horizontalschienen, welche durch Stöpselung die verschiedensten Schaltungscombinationen gestatten. *A* ist ein Ampèremesser, *V* ein Voltmesser und *L* ein Stromunterbrecher. Die Kabel negativen Zeichens sind direct an der Metallplatte des Arbeitstisches angebracht.

Für den besonderen Zweck, um den es sich hier handelt, ist keineswegs jede beliebige Accumulatoren-Art geeignet;*) es erfolgt nicht nur die Ladung mit ungewöhnlich hohen Stromstärken, sondern besonders bei der Entladung, während des Schmelzens und Löthens, kommen, wenigstens vorübergehend, ungemein hohe Stromstärken vor. Der elektrolytische Vorgang auf welchem die Wirksamkeit der Accumulatoren beruht, muss sich demnach mit ausserordentlicher Geschwindigkeit vollziehen können, ohne dass dabei der Apparat selbst Schaden leidet.

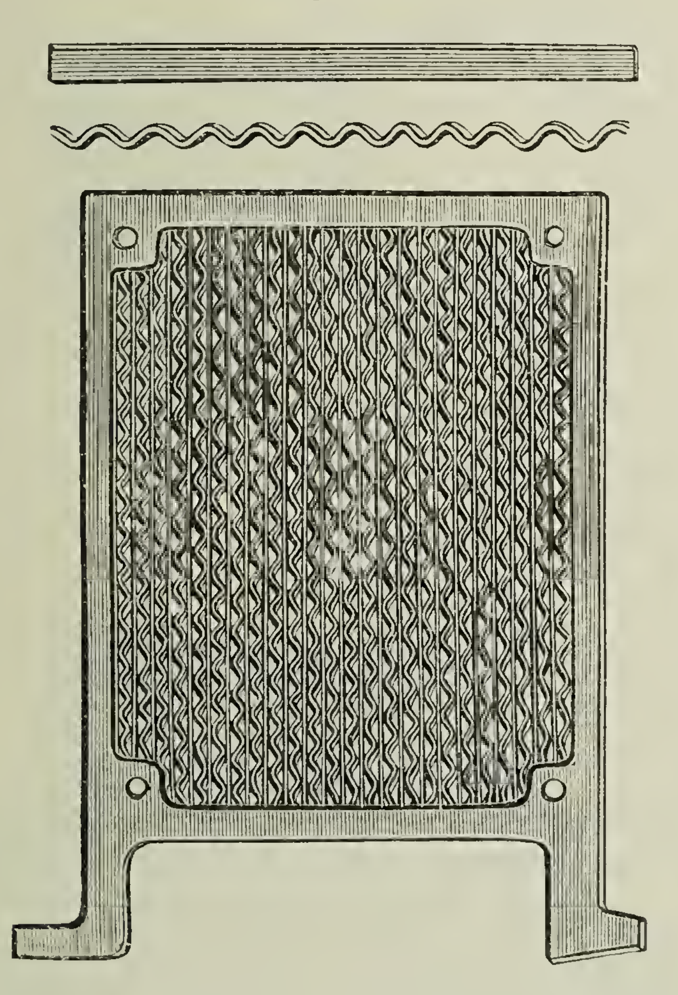
Selbstredend können mit Rücksicht auf diesen Umstand die nach dem Patente Faure's hergestellten Accumulatoren gar nicht in Frage kommen; aber auch nicht alle Accumulatorgattungen, welche nach dem ursprünglichen Vorschlage von Planté angefertigt sind, würden geeignet sein, auf die Dauer einer so kräftigen Inanspruchnahme zu widerstehen, wie dieselbe bei dem Schweiss- und Schmelzverfahren unvermeidlich ist. Benardos musste sich daher für seine Zwecke besonders geeignete Accumulatoren herstellen, welche sich vor allem Anderen nicht nur durch eine ungemein grosse Oberfläche, sondern auch dadurch auszeichnen, dass während der Ladung und Entladung ein rascher Verlauf der elektrolytischen Vorgänge an den Platten stattfinden kann. Dieses Ziel ist dadurch erreicht worden, dass in einem widerstandsfähigen Bleirahmen abwechselnd schräg nach oben gewellte und

---

*) Siehe Prof. Rühlmann's Vortrag im Elektrotechnischen Verein, Berlin, 25. Oct. 1887.

einfache ebene Bleistreifen in grosser Zahl eingelöthet sind. (Siehe Fig. 34.) Die Flüssigkeit umgiebt die in der Zelle aufrecht stehenden Bleiplatten nicht nur von beiden Seiten, sondern sie kann auch durch die Platten selbst hindurchströmen.

Fig. 34.



In Folge der bei der Ladung auftretenden Gasentwicklung entsteht in jeder Platte ein kräftiger, aufsteigender Flüssigkeitsstrom, welcher fortwährend neue Theile des Elektrolyts mit der Oberfläche der Platten in Berührung bringt. Die Bewegung, in welche auf diese Weise die Flüssigkeit versetzt wird, gleicht entstehende Dichtigkeitsunterschiede, welche ja vorzugs-

weise die Ursache des Verziehens der Platten sind, rasch aus. Dazu kommt, dass die wirksame Oberfläche durch Anhäufung grösserer Gasblasen bei dieser Einrichtung nicht vermindert werden kann und dass die Bleistreifen, weil sie dünn und biegsam sind, ohne Schwierigkeiten den Volumenänderungen der an ihrer Oberfläche befindlichen, durch den Ladungsprocess erzeugten wirksamen Masse folgen können, ohne zu zerreissen oder sich nach den Seiten der Platten hin auszubiegen.

Wie wesentlich die hier geschilderten Eigenschaften der Benardos'schen Accumulatoren sind, kann man unter Anderem daran erkennen, dass die französische Versuchswerkstätte Rothschild's in Creil deshalb einige Zeit hindurch mit ernstlichen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt hat, weil man dort mit einer anderen Art Zellen zu arbeiten versuchte, welche keinen so raschen Austausch der Erzeugnisse des elektrolytischen Vorganges gestattete.

ie Schweiss-Apparate und ihre Theile.

Die meisten Schweissapparate sind mit einem Transformator versehen. In der primären Spule kreist ein Strom von geringer Intensität und bedeutender Potentialdifferenz. In der secundären Spule wird ein Strom von ausserordentlich grosser Intensität und sehr niedriger Potentialdifferenz inducirt. Es giebt also in dem Apparate zwei verschiedene Stromkreise: einen primären von hoher Spannung und einen secundären von niederer Spannung. Die primären Ströme variiren

je nach der Natur oder der Grösse der zu schweissenden Stücke.

In Fig. 35 und 36 ist ein Transformator dargestellt, welcher von Thomson in der ersten Zeit

Fig. 35.

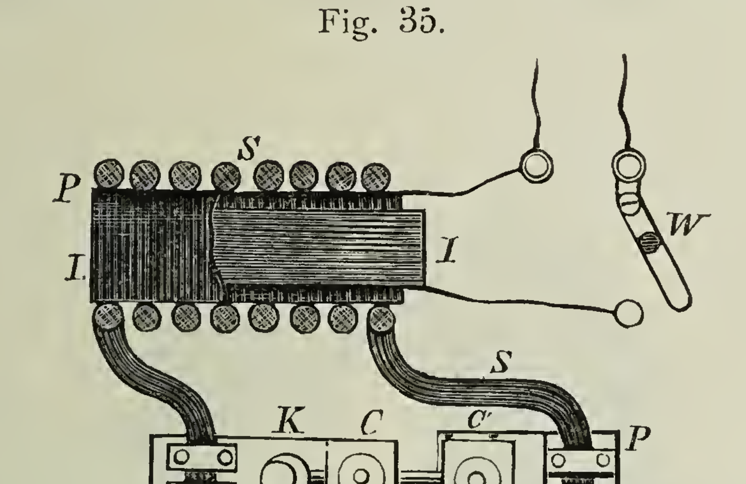
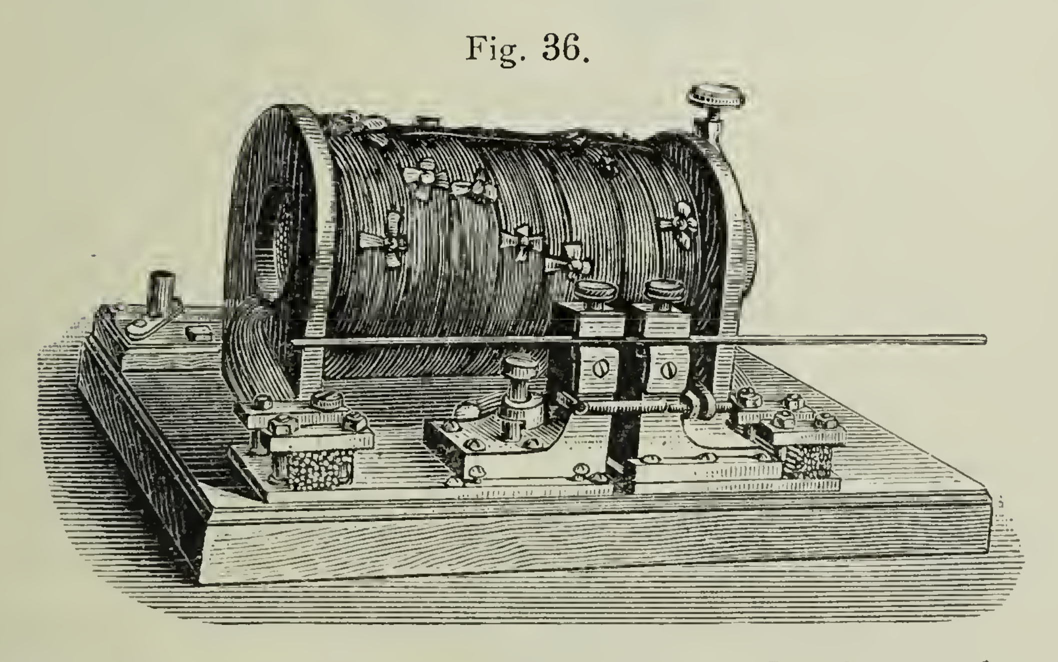
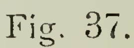


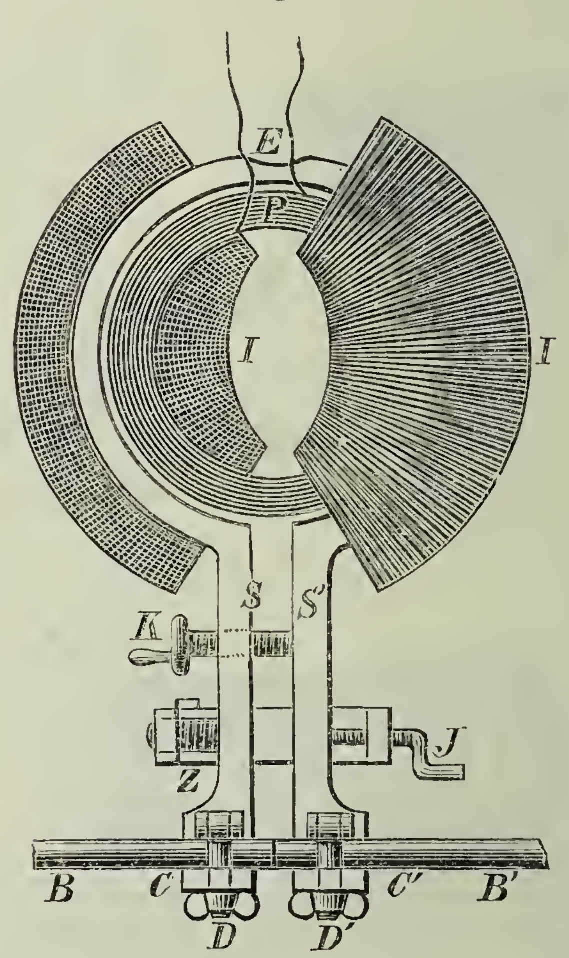
Fig. 36.



seiner Versuche verwendet wurde. Er bestand aus einem Bündel Eisendrähte I, jeder von ungefähr 30 Cm. Länge und 6 Mm. Durchmesser. Dieses Bündel bildete den Kern einer Spule *P*, welche von den von der Dynamo

kommenden Wechselströmen durchflossen war. Die secundäre Spule S bestand aus einem von 64 Drähten gebildeten Kabel. PP^1 sind die Kupferklemmen, in welche die secundäre Spule ausmündet. CC^1 sind die Klammern, welche die Arbeitsstücke festhalten. Eine


Fig. 37.



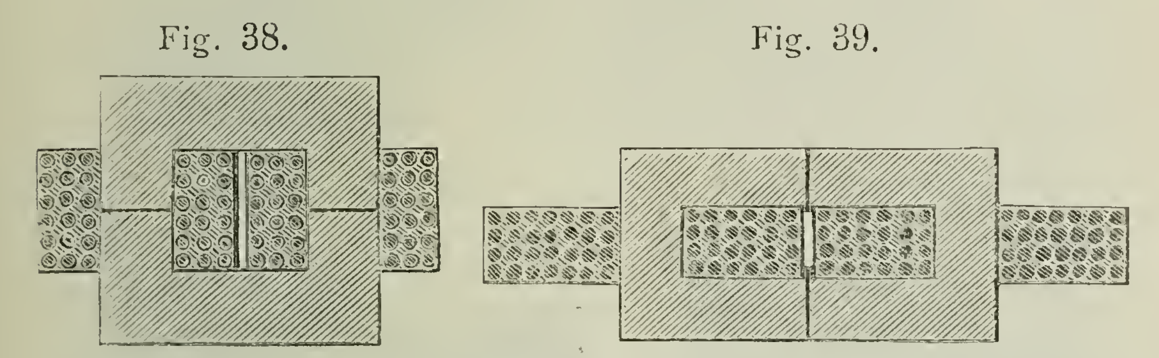
der Klammern C^1 ist beweglich und gehorcht einer regulirbaren Feder Z. BB^1 sind die zu schweissenden Stangen.

In Fig. 37 ist ein anderer Thomson'scher Transformator älteren Datums dargestellt. Die primäre Spule P besteht aus einer ringförmigen Drahtspirale. Die secundäre Spule SS^1 besteht aus einer kreisförmigen Kupferstange, welche in die Klammern CC^1

ausläuft. KZJ sind Vorrichtungen zum Nähern oder Entfernen der Arbeitsstücke. Sowohl die primäre als auch die secundäre Spule sind mit einer grossen Menge von Eisendrähten umwickelt, welche eine Art Rohr bilden, von welchem die Spulen umschlossen sind.*)

Elihu Thomson hat gefunden, dass die beste Anordnung, welche einem zu Schweisszwecken dienenden Transformator gegeben werden kann, jene ist: »bei welcher die primäre und secundäre Spule coaxial um einen Eisenkern gewunden werden, so dass alle von

Fig. 38. Fig. 39.



der ersteren erzeugten Kraftlinien gezwungen sind, die letztere zu durchschneiden.« Wenn die zwei Wickelungen auf einem Eisenkern seitlich aneinander oder an entgegengesetzten Schenkeln angebracht werden (siehe Fig. 38), »so werden sich in Folge der Verstreuung der Kraftlinien, an jenem Punkte, wo die zwei Wickelungen zusammentreffen, consequente Pole zu bilden suchen.« Die Verstreuung wird von der Entfernung zwischen den beiden Schenkeln und von der Länge des magnetischen Kreises abhängen. Sie wurde von Thomson absichtlich vermehrt (Fig. 39) und zu einem Vortheil gemacht, um in der secundären Wickelung eine constante Stromintensität zu erhalten, während dem primären

*) Siehe Electrical World vom 25. December 1886, Nr. 26, Vol. VIII.

Stromkreis eine constante elektromotorische Kraft zugeführt wird. Sollte aber in der secundären Wickelung eine constante elektromotorische Kraft erforderlich sein, muss diese Verstreuung zu einem Minimum gemacht werden.

Fig. 40, 41, 42 und 43 zeigen verschiedene Anordnungen von Transformatoren, deren secundäre

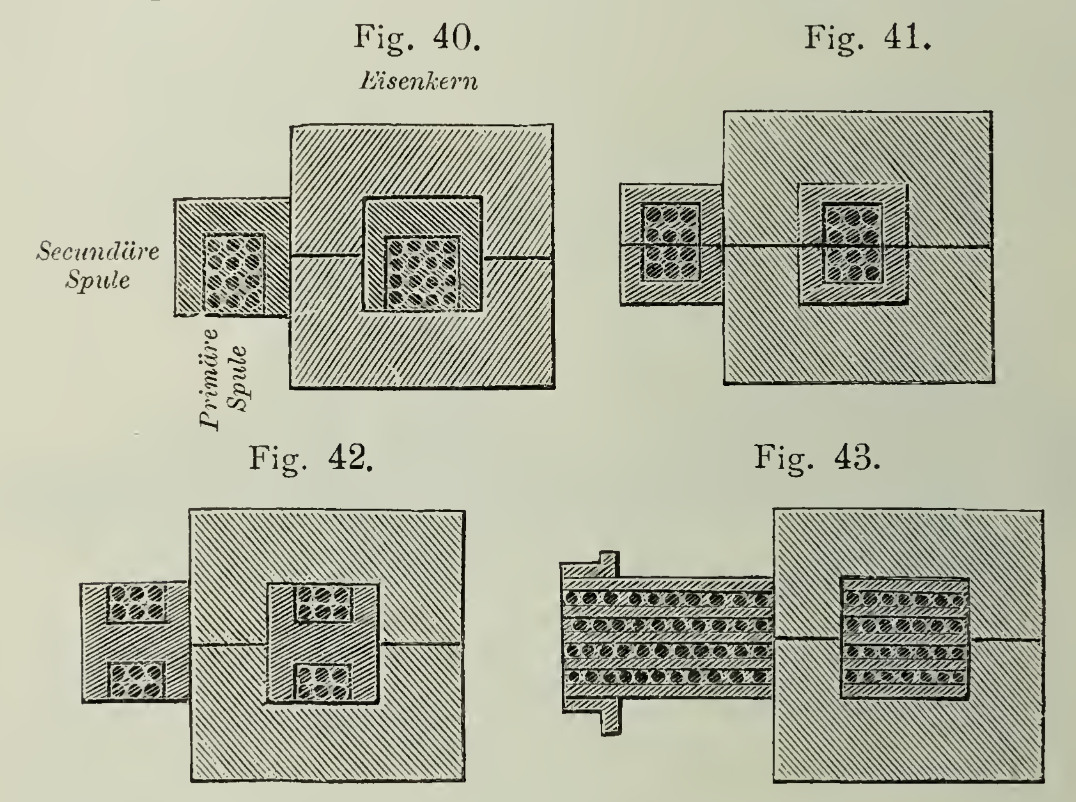


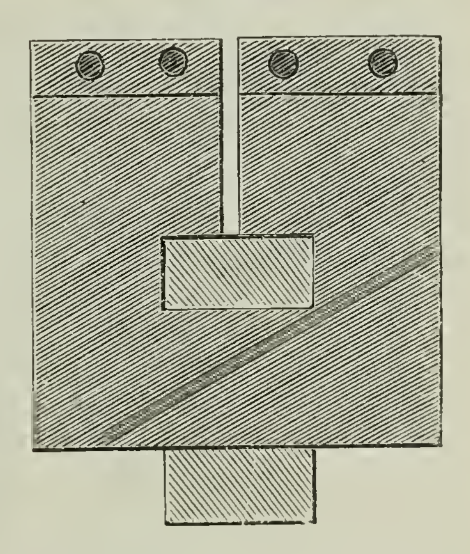
Fig. 40. Fig. 41.
Fig. 42. Fig. 43.

Spule gewöhnlich aus einem soliden Kupfergussstück hergestellt wird. Die in Fig. 43 und 44 gezeigten Anordnungen gestatten die Anwendung von hart gewalzten Kupferplatten. Gebräuchlich sind zumeist die in Fig. 40 und 41 dargestellten Formen,*) weil dieselben gestatten, dass die secundäre Spule leicht entfernt werden kann, ohne dass man an der primären etwas abändern müsste. Sie haben auch für einen gegebenen Querschnitt die möglichst geringste Selbstinduction aufzuweisen.

*) Siehe auch Seite 55 über die Anordnung der Transformatoren.

Bei der Herstellung eines Spulensystems von Transformatoren für Schweissapparate muss darauf gesehen werden, dass in demselben keine anderen Stromkreise geschaffen werden, als der zur Schweissung dienende Stromkreis. Die secundäre Spule muss einen Querschnitt haben, welcher dem gesammten Querschnitt der primären Spule gleichkommt, oder mit anderen Worten, die Ampèretouren in beiden Spulen müssen gleich sein. Im Arbeits-Stromkreise soll es so wenig Klemmen- oder Schraubencontacte als möglich geben. Wenn aber solche unausweichlich sind, so muss ihre elektrische Leitungsfähigkeit eine ausgezeichnete sein, weil bei der enormen Intensität und der geringen Potentialdifferenz des Arbeitsstromes ein schlechter Contact einem bedeutenden Energieverlust gleichkommt.

Fig. 44.



Der Eisenkern des Transformators ist gewöhnlich aus zahlreichen Blechstücken zusammengesetzt. Die primäre Spule ist aus gut isolirtem Draht, die secundäre besteht zumeist aus einem schweren Stück Kupferrohr oder -Barren, an welche Endstücke angelöthet sind die dann in Klammern oder Backen endigen. Von diesen Klammern bleibt eine gewöhnlich fix, während die andere hin- und hergeschoben werden kann.

Fig. 45 zeigt einen Thomson'schen Schweissapparat älteren Datums. (Siehe ganze Ansicht Seite 91.)

Der Transformator besteht aus einem Eisenkern gebildet aus runden Scheiben, in deren Mittelpunkt eine kreisrunde Oeffnung ausgestanzt ist. Diese Scheiben

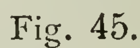


Fig. 45.

sind mit Messingbolzen zusammengeschraubt. In die Oeffnung im Mittelpunkte ist eine Kupferröhre eingeführt, welche die secundäre Spule des Transformators

vorstellt. Die primäre Spule ist über die secundäre und um den Kern herum im rechten Winkel zur Oberfläche der Scheiben gewunden, wie aus der Figur ersichtlich ist. Der einzig active Theil des secundären Stromkreises ist das erwähnte Röhrenstück, dessen Strom von zwei schweren Kupferstücken zu den Klammern geführt wird, welche links an der Figur ersichtlich sind.

Die Zusammenpressung der Arbeitsstücke findet mittelst Drehung der Handkurbel statt. Der von der elektrischen Maschine kommende Strom tritt bei AA^1 in den Apparat ein.

Dieser Apparat gehört, wie man sieht, dem sogenannten indirecten Schweissverfahren an, weil die Elektricitätsquelle von dem Apparat entfernt ist. Diese Gattung ist die häufigste. Fig. 46 zeigt einen anderen Thomson'schen Apparat, wie solcher im Jahre 1888 auf den Markt kam.

Fig. 47 zeigt einen älteren Thomson'schen Apparat für directe Schweissung, bei welchem der Schweissapparat sich über der Dynamomaschine befindet. Derselbe diente zur Schweissung von kleineren Gegenständen, ist aber heute nicht mehr im Gebrauch.

Einer Beschreibung eines Thomson'schen directen Schweissapparates (patentirt im Jahre 1888) entnehmen wir Folgendes (Fig. 48, 49, 50 und 51): Der Apparat führt die in der Dynamomaschine entwickelten Ströme direct den Arbeitsklemmen zu. E ist der Anker, welcher unbeweglich ist. Er besteht aus zusammengeschraubten Blechen, in welche Furchen zur Aufnahme der Ankerbewicklung (welche in diesem Falle aus dicken Kupferdraht-

Fig. 46.

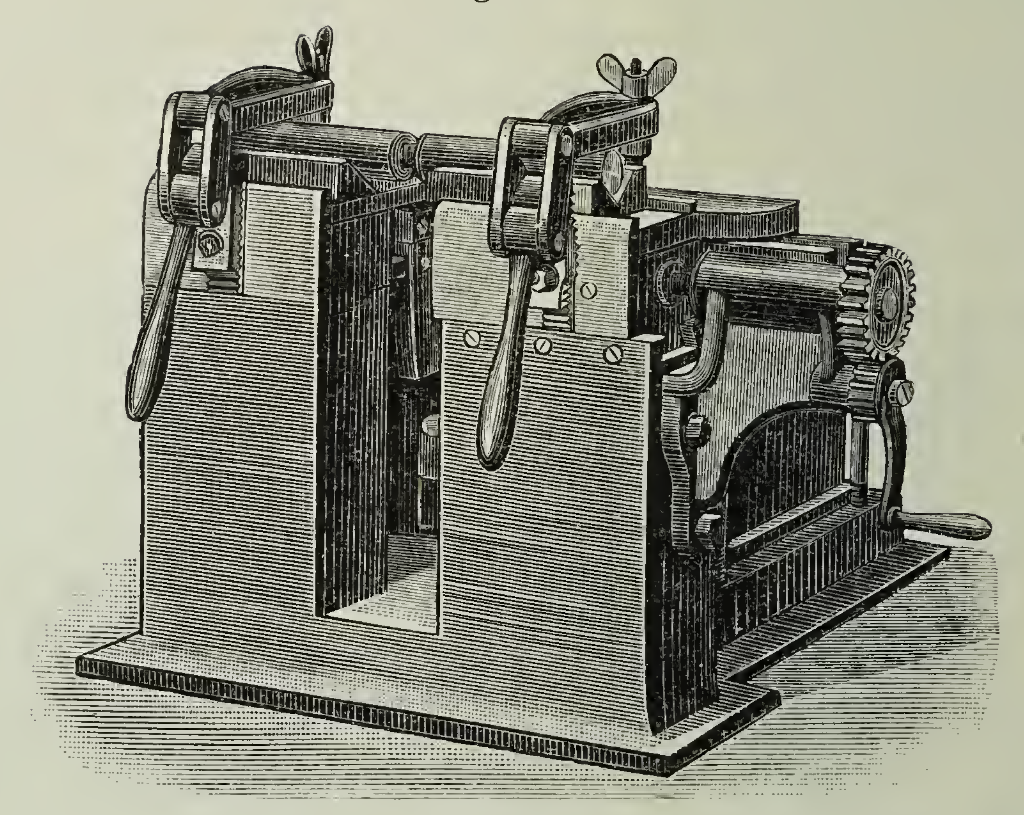
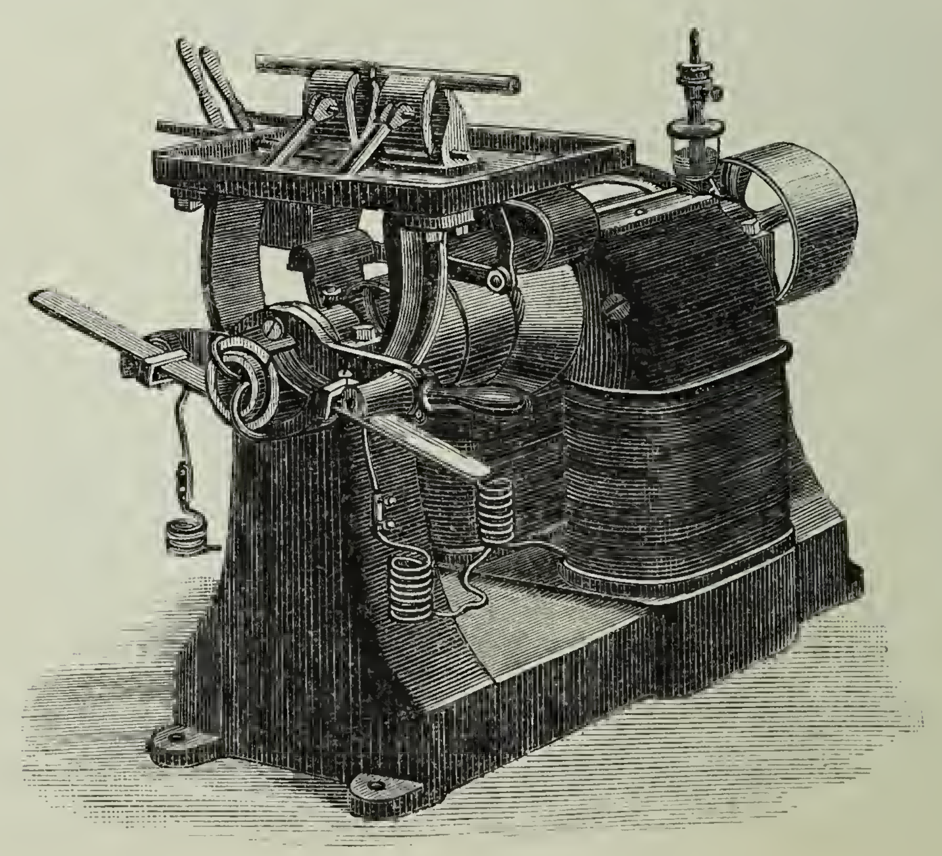


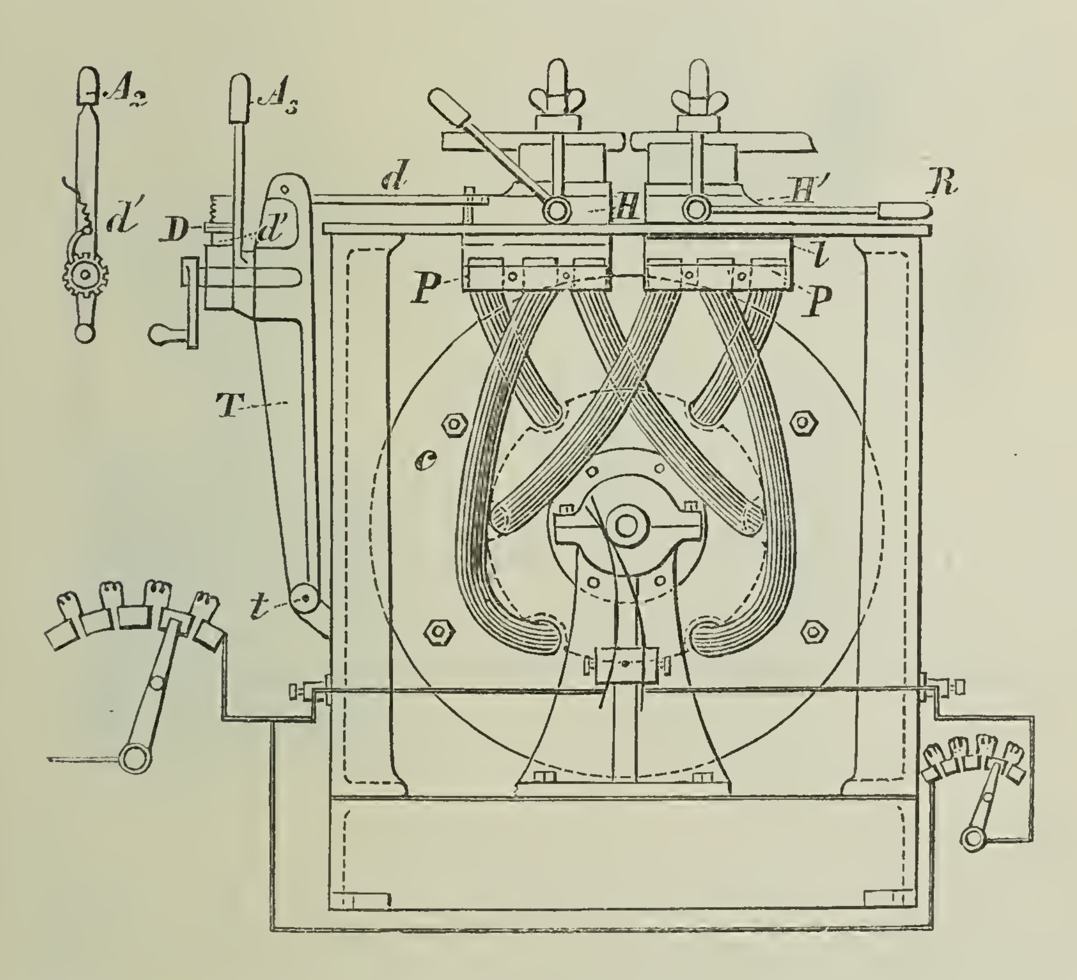
Fig. 47.



kabeln besteht), bestimmt sind. Die einzelnen Drähte dieser Kabel sind untereinander isolirt, um Foucaultströme zu vermeiden. Es giebt so viele Furchen, als es Inductionsspulen am Inductor giebt.

Die Ankerwickelung geht vom Anker unmittelbar an die Contacte *PP*, welche mit den Arbeitsklemmen direct

Fig. 48.

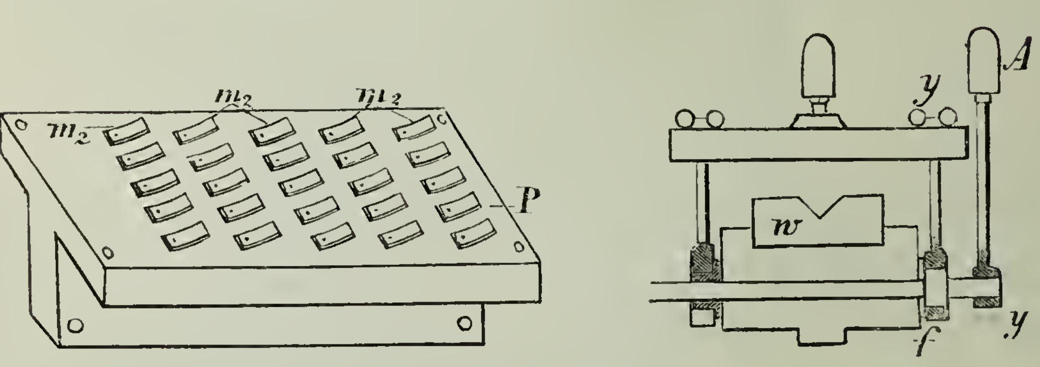


verbunden sind. Eine der Klemmen H^1, welche in *R* isolirt ist, ist fest an die Contactplatte H^1 angeschraubt, die andere Klemme *H* kann sich verschieben, und zwar durch den Mechanismus *D d*, dessen Arm *T* in *t* wie der Arm eines Schraubstockes pivotirt, und zwar geschieht diese Bewegung mit Hilfe der Schraube *D*

(siehe A^2 d^1) und der Schubstange *d*. Die Klemme *H* erhält ihren elektrischen Contact mit der Anker-

Fig. 49.

Fig. 50. Fig. 51.

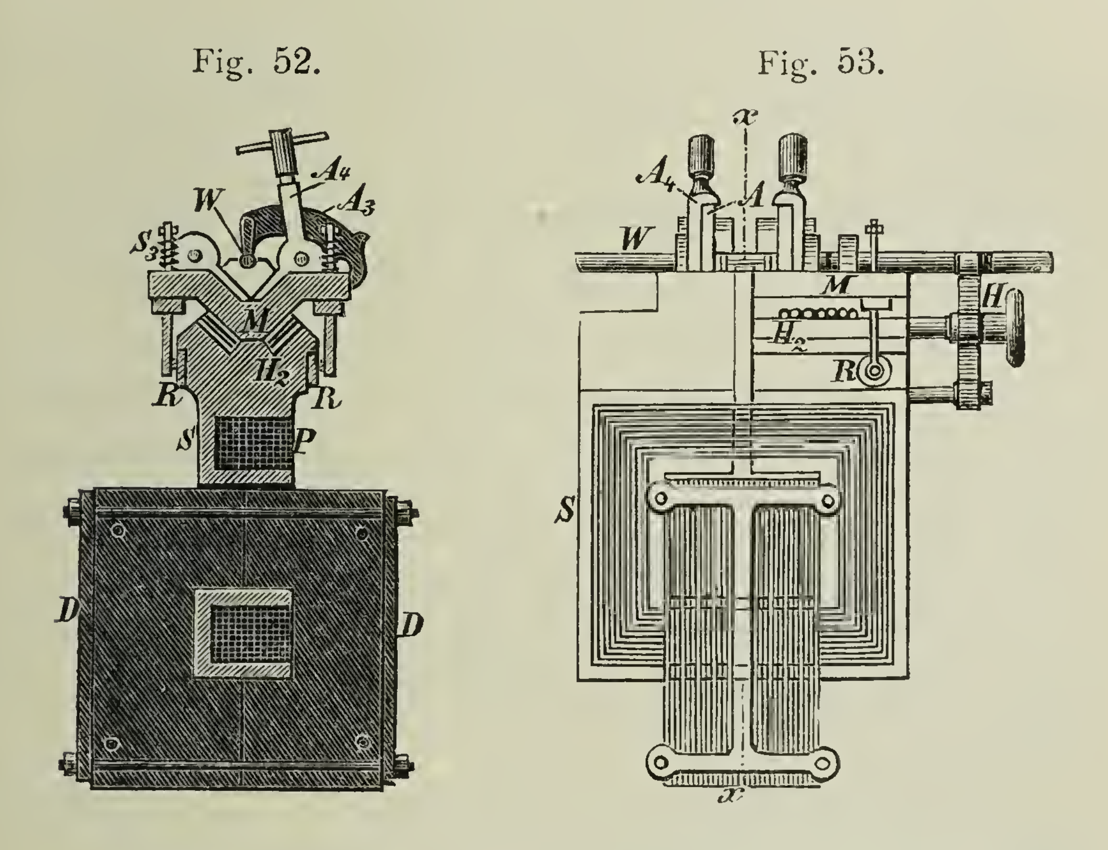


wickelung mittelst einer Platte *P*, auf welcher eine Anzahl Federn $m_2 m_2$ (Fig. 50 und 51) angebracht sind. Die Hebel *A*

dienen zur besseren Befestigung der Arbeitsstücke in den Klemmen.

Der soeben beschriebene Apparat hat heute nur mehr historischen Werth, da man auf seine Anwendung in der Praxis aus denselben Gründen verzichtete, welche bei der Vernachlässigung aller übrigen directen Schweissapparate massgebend waren.

Fig. 52. Fig. 53.



Die Figuren 52 u. 53 zeigen einen neueren Schweissapparat Lemp's. Die secundäre Spule besteht aus einem massiven Kupferstück *S*, welches zugleich die Klemmen bildet. Die primäre Spule *P* ist in den Körper der secundären gelagert. *C* ist der aus Eisenblechen gebildete und in *D* zusammengehaltene Eisenkern des Transformators. Die Klemme *M*, welche durch die Schraube *H* hin- und herbewegt werden kann, rollt auf einem System von Walzen RH_2,

welche durch Federn S_3 gegeneinander gepresst werden. Die Arbeitsstücke W werden durch A_3 und A_4 festgeklemmt. Wir kommen auf diesen Apparat, welcher zumeist zur Schweissung von Kupferdrähten dient, noch später zurück.

Die verschiedenen Schweissverfahren.

Das einfache Verfahren.

Das einfache Schweissverfahren oder auch sogenannte »Glühverfahren«*) besteht, wie erwähnt, im Wesentlichen darin, dass die beiden Arbeitsstücke einander gegenübergestellt und durch den elektrischen Strom auf die Schweisstemperatur gebracht werden. Die elektrischen Ströme werden den Arbeitsstücken mit Hilfe von Klammern oder »Backen« zugeführt, gehen durch die Contactflächen der beiden Stücke und verursachen an dieser Stelle eine locale Erhitzung, welche die Stücke weich macht, so dass dieselben, wenn sie zusammengepresst, zusammengedreht oder gehämmert werden, sich zu einer guten »Schweissung« vereinigen.

Wenn es sich um eine End-an-Ende-Verbindung handelt (butt joint), werden die erhitzten Querschnitte aneinander oder sozusagen ineinander gepresst; handelt es sich aber um eine Flachschweissung (lap-joint), so wird ein lateraler oder transversaler Druck ausgeübt, was durch

*) Diese Bezeichnung ist, wie schon gesagt, eine unrichtige, weil gewisse Metalle, wie z. B. Blei, Zinn, Zink u. s. w. früher schmelzen, bevor sie ins Glühen kommen. Die Schweisstemperatur ist bei leichtflüssigen Metallen weit unterhalb der Rothgluth und ist nicht von jenen Lichteffecten begleitet, welche bei schwerer schmelzbaren Metallen die Schweisstemperatur anzeigen.

Hämmern oder Pressen geschieht. Das Hämmern ist auch bei End-an-End-Schweissungen vortheilhaft, wenn es sich um solche Verbindungen von Eisen oder Stahl handelt, welche grosse Festigkeit haben sollen und bei welchen der ursprüngliche Querschnitt erhalten bleiben soll. Das Hämmern oder Pressen kann gleichzeitig mit dem Fortgang der Schweissung stattfinden oder sogleich nach Beendigung derselben, so lange das Metall noch heiss ist.

Bei grösseren Stücken hat sich die Anwendung hydraulischer Kraft, sowohl für das Festklemmen als auch für die Zusammenpressung der Stücke, bewährt.*)

Die erste industrielle Anwendung der elektrischen Schweissung mittelst Glühung oder Erhitzung der Arbeitsstücke wird dem Professor Elihu Thomson zugeschrieben. Der Anlass zur Entwicklung dieses Verfahrens soll folgender kleiner Zufall gewesen sein, welcher dem genannten Professor vorkam, als er im Jahre 1877 im Franklin-Institut in Philadelphia einen Vortrag über das Wesen der Elektricität hielt. Er wollte nämlich Experimente, die Reversibilität einer Inductionsspule betreffend, machen. Zu diesem Zwecke wurden als Hilfsmittel eine Ruhmkorff-Spule, eine galvanische Batterie, und die Entladung einer Leydener Flasche benützt. Im ersten Experimente zeigte Thom-

*) In diesem Falle kann der ausgeübte Druck durch einen Regulator auf eine bestimmte Constante für einen gegebenen Querschnitt regulirt werden. Eine Scala für Pressionen, entsprechend gewissen Querschnitten und Materialien, kann im Erfahrungswege festgestellt werden, was die Bedienung des Apparates leichter macht, so dass dieselbe gewöhnlichen Werkleuten anvertraut werden kann.

son, wie mit Strömen von niederem Potentialgefälle hochgespannte Entladungen hervorgebracht werden können, und lud er mittels letzteren eine Batterie Leydener Flaschen. Den beim ersten Experiment beachteten Vorgang umkehrend, und eine Batterie Leydener Flaschen in die feindrähtige Bewickelung der Spule entladend, war der Professor über die Intensität des bei dieser Gelegenheit erhaltenen Stromes erstaunt; er brachte die Enden der primären Spule in Contact und dieselben schmolzen fest aneinander.*) Dieses Experiment wurde mit demselben Erfolge mehrmals wiederholt und die Folge hievon war, dass Thomson daran dachte, die Elektricität zum Zusammenschmelzen von Drähten praktisch zu verwenden. Vier, fünf Jahre später folgte in den Werkstätten der Thomson-Houston-Company die industrielle Anwendung**) der elektrischen Schmelzung, aus welcher sich später das Schweissverfahren entwickelte.

Fig. 54 zeigt einen Thomson'schen Schweissapparat für Waggon- und Wagenachsen, in welchem wir alle typischen Merkmale des Schweissverfahrens finden.

---

*) Siehe »Electric Welding. By Elihu Thomson. a Paper read at the Stated Meeting of the Franklin-Institute, held Wednesday, March 16, 1887; Vol. CXXIII Nr. 737 of the Journal of the Franklin-Institute. — Ferner: Van Nostrand's Engineering Magazine Volume 35, Nr. 5, November 1886. — Ferner: Harthan's Lecture before the Thomson Scientific Club, Lynn, Dec. 1889.

**) Alex. Siemens theilt mit, dass er etwas später, im Jahre 1887, Drähte für ein transatlantisches Kabel auf elektrischem Wege zusammenlöthete.

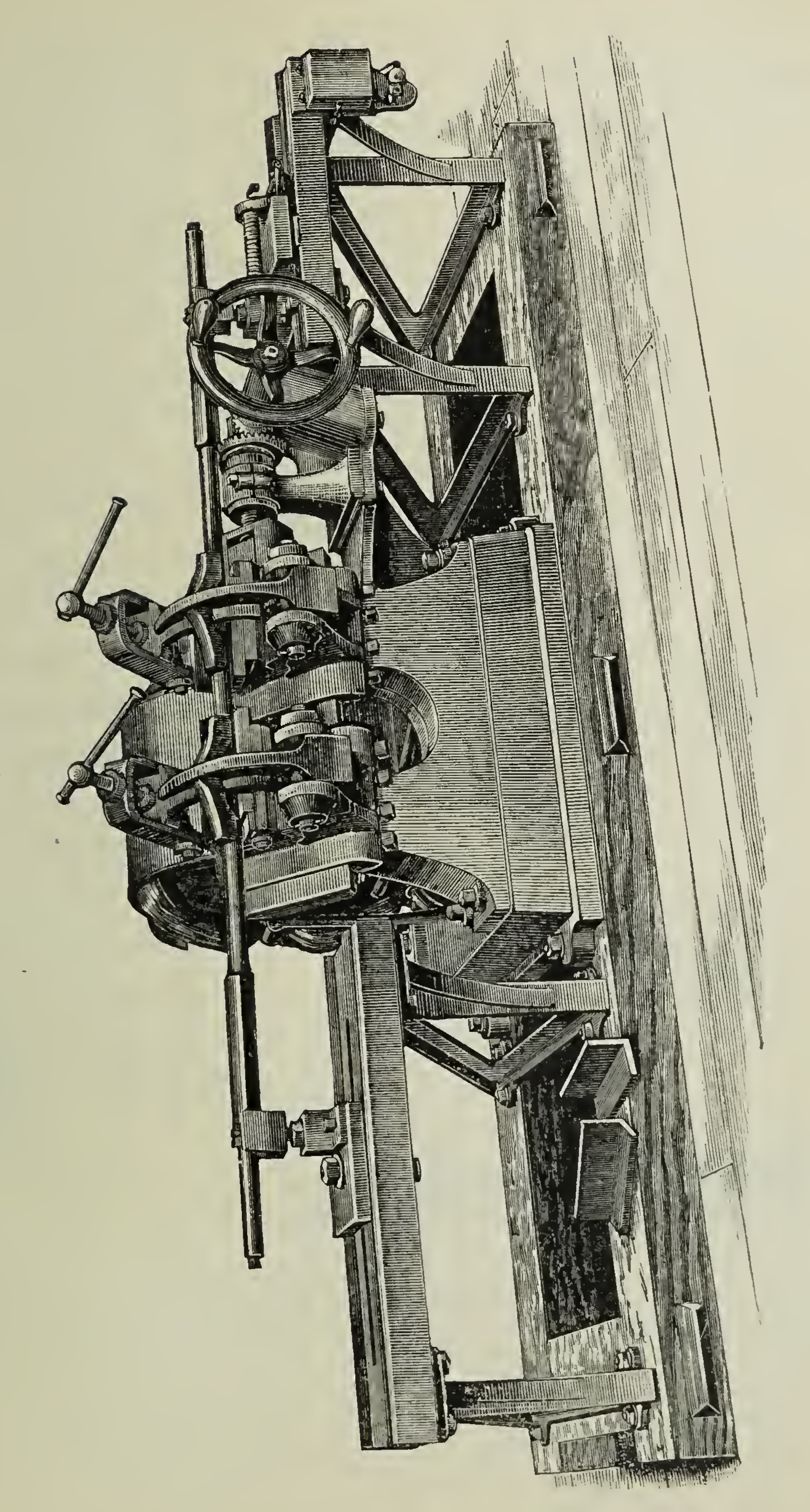
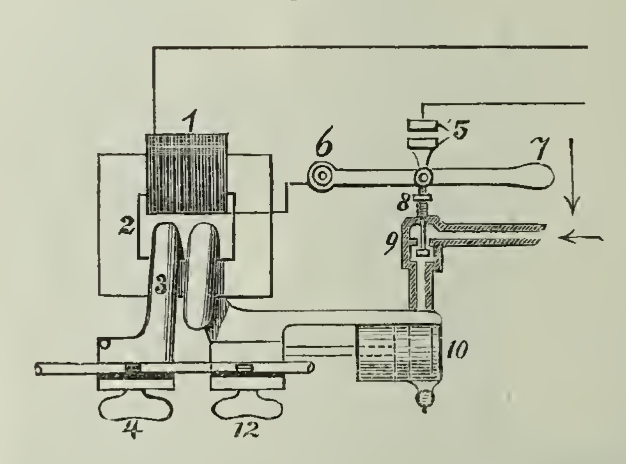


Fig. 54.

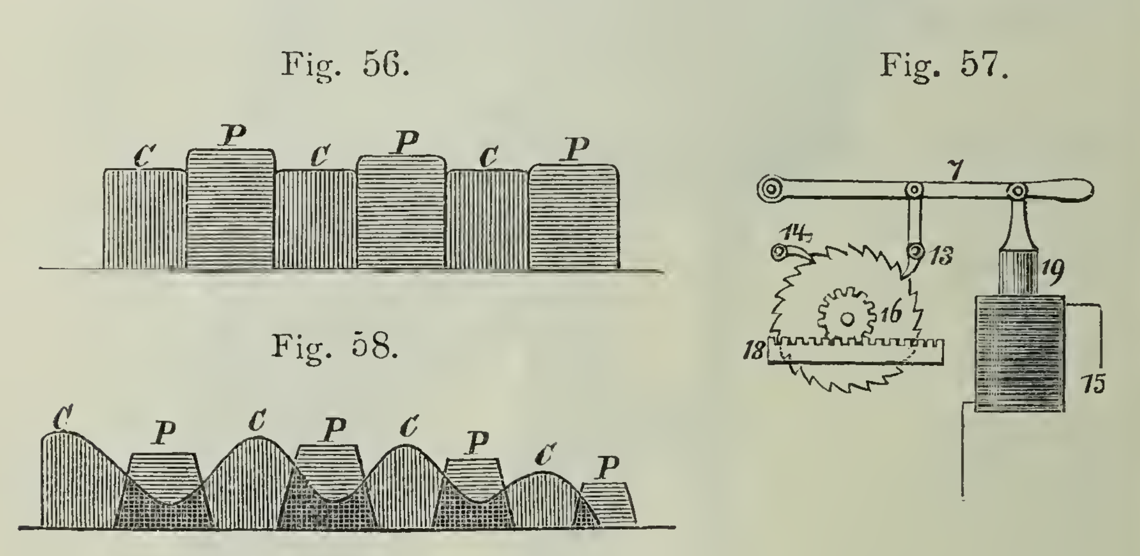
Elihu Thomson hat auch ein Verfahren ausgedacht, bei welchem die Zusammenpressung der Arbeitsstücke nicht mit einem Male, sondern successive, in

Fig. 55.



kurze Intervalle aufgetheilt, stattfindet.*) Wenn die Arbeitsstücke weich geworden sind, wird der Stromkreis plötzlich unterbrochen und man staucht die Stücke ein

Fig. 56. Fig. 57.



wenig zusammen. Dieser Vorgang wird mehrere Male wiederholt, bis die Schweissung gänzlich vollendet ist.

*) Amerik. Patent Nr. 451.345 vom 28. April 1891, Appl. filed June 14, 1890.

In Fig. 55 sind: 1 die primäre Spule des Transformators, 2 der Kern desselben, 3 die secundäre Spule, welche in die Klemmen ausläuft. Klemme 4 bleibt fix, während Klemme 12 durch den Cylinder 10 einer hydraulischen Maschine bewegt werden kann. Der Hahn 9 des Cylinders ist geschlossen, wenn der Hebel 7 um den Punkt 6 nach aufwärts gehoben wird; er ist geöffnet, wenn man den Hebel nach abwärts bewegt, wodurch zu gleicher Zeit auch der Stromkreis in 5 unterbrochen wird. Es kann also mit diesem Apparat eine Reihe von Erwärmungen *C* und Zusammenpressungen *P* ausgeführt werden. (Siehe Diagramm in Fig. 56).

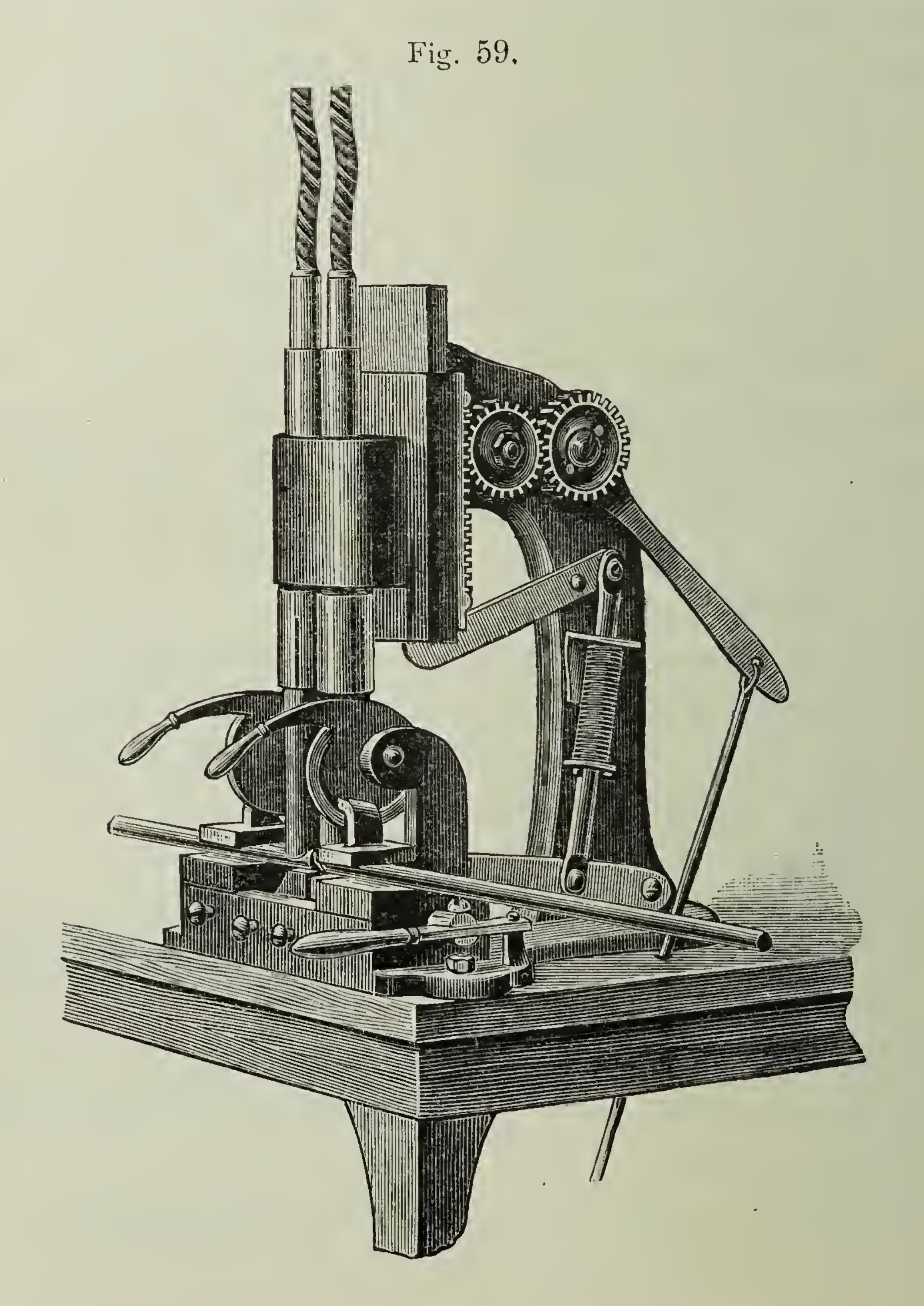
Falls man während der Zusammenpressungen den Strom nicht gänzlich unterbrechen will, wird der in Fig. 57 gezeigte Apparat angewendet. Der Hebel 7 bethätigt mittelst des Getriebes 13, 16 die Zahnstange 18 der Klemme 12 und ist mit einem Anker 19 versehen, welcher in das Solenoïd 15 eintaucht. Wird die Pressung ausgeführt, so taucht 19 in 15, wodurch der Strom im Solenoïd geschwächt wird. Bei jeder Pressung wird also der angewendete Strom schwächer, ohne jedoch gänzlich aufzuhören. (Siehe Diagramm Fig. 58).

Unter den zahlreichen Methoden, welche zur Erhitzung der Arbeitsstücke ausgedacht wurden, haben wir jene Coffin's erwähnt. Wir wollen nun einen seiner in der Praxis übrigens wenig verwertheten Apparate beschreiben, in welchem die Hervorragung der Arbeitsstücke aus den Klammern und der Querschnitt der letzteren belanglos sein sollen.*)

*) Electrical World XVI Nr. 12. Siehe auch Amerik. Patent Nr. 428.459 Appl. fil. März 7, 1890.

In Fig. 59 ist dieser Apparat dargestellt. Die zu schweissenden Stangen sind in den Klammern so befestigt, dass ihre Enden, welche sich nicht berühren, auf dem Leitungsblock aufliegen. Die Schweissstifte (oder wie Coffin sagt: »conductor heads«) werden den

Fig. 59.



Stangenenden auf solche Weise genähert, dass der Strom das zu schweissende Material in transversaler Richtung durchgeht, blos das äusserste Ende der Stangen erhitzend. Wenn die Stangenenden Schweisshitze erreicht haben, wird die Abreissfeder freigegeben. Hiedurch werden die »conductor heads« emporgehoben, und ein leichter Druck mit dem Handhebel vollendet die Schweissung durch Zusammenpressung der Arbeitsstücke. Zur Schweissung von Ringen, Oesen u. s. w. soll das Werkzeug mit beweglichen auswechselbaren Klammern und Stiften versehen sein, so dass die Schweissung in horizontaler oder verticaler Ebene, in jeder gewünschten Position, statthaben könne.

Coffin meint, dass diese Methode manche Vorzüge vor anderen Methoden besitze. Nachdem die Extremitäten des zu schweissenden Materiales unabhängig von einander erhitzt werden, sei es ein Leichtes, Gegenstände von verschiedenem Querschnitt an einander zu schweissen, weil beide gleichzeitig zur Schweisshitze gebracht werden können, wenn das jedem von beiden zuzuführende Stromquantum entsprechend geregelt wird. Bei anderen Methoden sei es viel schwerer, Gegenstände von verschiedenem Querschnitt an einander zu schweissen, weil sich gewöhnlich das Ende des grösseren Stückes langsamer erhitzt als das kleinere, welch' letzteres also die Schweisshitze viel früher erreicht als das grössere Stück.*) Nachdem in den meisten Fällen

*) Diese Bemerkung Coffin's stimmt nicht recht, da in anderen Schweissapparaten (z. B. jenen Thomson's) die Zusammenschweissung von Arbeitsstücken verschiedenen Querschnittes ebenfalls anstandslos

die Schweisstemperatur nur um einige Grade niederer ist als die Schmelztemperatur, so werde das der fortwährenden Erhitzung ausgesetzte kleinere Stück früher schmelzen, bevor noch das grössere die Schweisstemperatur erreicht hat und das geschmolzene Ende abfallen. Derselbe Umstand sei zu berücksichtigen, wenn Stücke von verschiedenem Widerstande geschweisst werden sollen, oder aber auch Stücke, welche die Schweisshitze bei verschiedenen Temperaturgraden erreichen.

Nachdem die zu schweissenden Stücke sich an den Contactpunkten, in Folge des grossen Widerstandes derselben erhitzen, und nachdem sich dieser Widerstand mit der Temperaturzunahme ebenfalls erhöht und also auch der Wärmeeffect des Stromes ein grösserer wird, sei anzunehmen, dass diese Methode eine möglichst gute Localisirung der Wärme an der erhitzten Stelle gestattet und der Apparat für den Arbeiter leicht zugänglich bleibt. Bei dieser Methode kann, nach Coffin, die Potentialdifferenz von 1 bis 30 Volts und die Intensität von 500 bis 25.000 Ampères variiren. Ein leichtes Hämmern der geschweissten Stelle, während dieselbe sich zusammenfügt, erhöhe die Zugsfestigkeit derselben und sei bei Stahlschweissungen in allen Fällen anzurathen. Die zur Schweissung eines einzölligen Eisens unter gewöhnlichen Bedingungen erforderliche Zeit beträgt ungefähr eine halbe Minute, wobei eine Kraft von 8 Pferden aufgewendet wird.

---

stattfindet. Man braucht nur die Länge der Hervorragung der Arbeitsstücke aus den Klammern in einer dem Querschnitt der Stücke entsprechenden Weise zu regeln.

Coffin gibt an, mit dieser Methode folgende Schweissungen vollbracht zu haben:

Legirungen:

Bessemerstahl,	Kanonenmetall,	Mitisguss,
Chromstahl,	Typenmetall,	Phosphorbronze,
Tungsteinstahl,	Lothe: Hartloth,	Cowles Patent-,
Gussstahl,	Schnellloth,	Aluminiumbronze,
Werkzeugstahl,	Goldbarren,	Siliciumbronze,
Messing,	Silberbarren,	Japanbronze.

Metalle:

Schmiedeeisen,	Platin,	Gold,
Gusseisen,	Kupfer,	Zinn,
Schmiedb. Guss.,	Mangan,	Iridium,
Wismuth,	Kobalt,	Zink,
Aluminium,	Nickel,	Blei,
Magnesium,	Silber,	Antimonium.

Combinationen:

Schmiedeeisen	mit	Gusseisen,
Gussstahl	»	Schmiedeeisen,
Gusseisen	»	Messing,
Messing	»	Kupfer,
Messing	»	Schmiedeeisen,
Kupfer	»	Schmiedeeisen,*)
Stahl	»	Schmiedeeisen,
Silber	»	Kupfer,
Silber	»	Gold,
Neusilber	»	Kupfer,
Zink	»	Zinn,
Messing	»	Zinn,

*) Es kann wohl möglich sein, dass Coffin eine Schweissung von Kupfer mit Eisen zuwege brachte, doch konnte dieselbe keine Zugsfestigkeit besitzen. Bis jetzt sind alle Versuche, die beiden genannten Metalle zu einer guten, festen Vereinigung zu bringen, erfolglos geblieben.

Messing mit Neusilber,
Gold » Kupfer u. s. w., u. s. w.*)

Eine geringfügige Aenderung des Thomson'schen Verfahrens hat sich Mark. Dewey patentiren lassen.**)

Diese Aenderung besteht darin, dass die zu schweissenden Stücke nicht wie gewöhnlich zusammengepresst, sondern zusammengedreht werden. Hiedurch soll die erzielte Verbindung an Stärke gewinnen, und ist dieselbe beim Wiedererhitzen nicht der Gefahr des Auseinandergehens unterworfen. Die bei anderen Verfahren übliche Hämmerung der Schweissung entfällt hier.

Coffin hat gefunden, dass, wenn die Arbeitsstücke einmal zusammengefügt sind, die Schweissung eine bessere werde, wenn man rasch aufhöre, die Stücke zusammen zu pressen. Ja, er findet sogar, dass es

---

*) Wir haben über das soeben beschriebene Coffin'sche Verfahren die Meinung eines anerkannten Praktikers, Hermann Lemp's, gehört, welcher dasselbe als »unpraktisch und unmöglich« bezeichnet. Um eine gute Schweissung zu erzielen, muss die Hitze auf die Schweissstelle concentrirt werden; wo immer ein metallischer Contact mit den Arbeitsstücken statthat, werden sich die letzteren am Contactpunkte abkühlen. Ein anderes Erforderniss für eine gute Schweissung ist eine gleichmässige Vertheilung der Wärme, was durch eine lange Hervorragung der Arbeitsstücke aus den Klammern erreicht wird. Eine nach dem Coffin'schen Verfahren ausgeführte Schweissung würde dort, wo der Strom eingeführt wird, kühle Stellen zur Folge haben, während die Schweissung im Mittelpunkt verbrennt. Es gibt in dem Verfahren nichts, mittelst welchem eine grössere Hitze gerade an jener Stelle, wo die Schweissung stattfinden soll, erlangt werden könnte.

**) Amerik. Patent Nr. 435.643 dated September 2, 1890, Appl. fil. Juni 12, 1890.

räthlich ist, auf die Schweissstelle eine auf das Auseinandergehen der Stücke gerichtete Kraftanstrengung anzuwenden, wobei man natürlich Acht haben muss, dass die Schweissstelle nicht rissig wird. Diese Kraftanstrengung soll zur Folge haben, dass der elektrische Widerstand an der Schweissstelle grösser und deren Temperatur erhöht wird, wodurch die Structur der Schweissung eine dichtere und die Verbindung eine innigere werde. Diese Anstrengung wird für ganz kurze Zeit ausgeübt und die Schweissstelle, wie üblich, beim Erkalten gewalzt oder gehämmert.*)

Veränderungen in der Structur.

Bezüglich der Veränderungen in der Structur der geschweissten Metalle berichtet Elihu Thomson Folgendes:**) »Diese Veränderungen treten besonders bei gehärtetem Stahl hervor, welcher durch die Schweissung eine Umwandlung seiner Structur erleidet. Es war beispielsweise bei gehämmertem oder gewalztem Werkzeugstahl zu erwarten, dass die gewisse Textur, welche der Stahl durch die ihm zu Theil gewordene mechanische Bearbeitung erlangt hatte, gelockert oder anderweitig verändert werden würde. Diese Veränderung musste auf eine gewisse Entfernung von jeder Seite der Schweissung statthaben. Und dies ist auch richtig der Fall. Der Stahl wird an dieser Stelle körnig. Anfangs glaubte man, der Stahl sei »verbrannt«

---

*) Amerik. Patent Nr. 423.736 Appl. fil. Dec. 12, 1890.

**) Sitzung des American Institute of Electrial Engineers vom 20. Mai 1891.

worden.*) Thomson hat aber die Schweissung in mit Hydrocarbon gefülltem Raume vorgenommen und es zeigte sich dieselbe Veränderung. Es ist also erwiesen, dass hier kein Verbrennungsprocess, keine Oxydation stattfindet, sondern eine Lockerung der Molecüle, eine Veränderung der physischen Beschaffenheit; oder aber, dass eine durch die hohe Temperatur hervorgerufene chemische Wirkung vor sich geht.«

Dieselben Veränderungen finden auch bei anderen Metallen statt, z. B. bei gezogenem Kupfer u. s. w. Jedes Metall, dessen Eigenschaften von seiner mechanischen Bearbeitung abhängen, oder dessen Festigkeit durch Hämmern, Walzen, Ziehen u. s. w. erlangt wurde, ist, wenn es erhitzt wird, der Lockerung seiner Molecüle, einem Körnigwerden ausgesetzt, und die durch die mechanische Bearbeitung erlangte Structur geht verloren. In Erkenntniss dieses Umstandes wurden die neuesten Schweissapparate mit Vorrichtungen zum Wiedererhitzen und Hämmern der geschweissten Stücke ausgestattet. Obwohl durch das Hämmern die Schweissung eine bessere wird, lässt sie jedoch beispielsweise bei Kupfer, wo grosse Festigkeit und Biegsamkeit gewünscht wird, noch viel zu wünschen übrig. **) Das Metall muss nach ge-

*) Man hat diese Veränderungen dem Vorhandensein von Sauerstoff zugeschrieben, welcher den Kohlengehalt des Stahles vermindert. Wäre die Bezeichnung »verbrannt« richtig und fände wirklich eine Oxydation des Eisens und der Kohle statt, so wäre immerhin eine gewisse Zeit nothwendig, bis die Oxydation ins Innere des Metallstückes vorgedrungen wäre. Der elektrische Schweissprocess geht aber ausserordentlich schnell von statten und trotzdem zeigen sich die erwähnten Veränderungen im ganzen Querschnitte der Schweissung.

**) Siehe »The Practical Aspects of Electric Welding. By Frederic A. C. Perrine.

schehener Schweissung die ganze erhitzte Länge hindurch noch einmal aufgestaucht und gehämmert werden. Es bietet aber noch bei Rothglühhitze dem Aufstauchen einen grossen Widerstand, welcher oft das Vierfache jener Kraft beträgt, welche zur Zusammenpressung der Arbeitsstücke während der Schweissung nothwendig war.*)

Bei der Schweissung von Metallen verschiedener Structur, als beispielsweise: Eisen mit Stahl, giebt es einige bemerkenswerthe Schwierigkeiten. Wenn eine solche Schweissung auseinander gebrochen wird, findet man, dass durch die erfolgte Zusammenpressung das Eisen über den Stahl gedrängt wurde, während der Stahl leicht ins Schmelzen gerathen war. Perrine nennt dies eine »umgekehrte Nietung« (reverse riveting), weil das heisse Eisen über den Stahl gestaucht wurde und denselben dicht umschlossen hat, anstatt dass, wie bei der gewöhnlichen Nietung, der umgekehrte Vorgang statthätte. Die Zugsfestigkeit einer solchen Schweissung mag jener des unbearbeiteten Metalles bis auf einige Procente gleichkommen, doch ist hiemit noch nicht gesagt, dass auch die Qualität des geschweissten Materials in demselben günstigen Verhältnisse zu jener des unbearbeiteten Metalles sein müsse. Thomson schlägt vor, die durch das Zusammenpressen der Arbeitsstücke entstandene Ausbauchung, welche sonst glatt gefeilt oder gehämmert wird, nicht

*) Beim Zusammenstauchen werden die Arbeitsstücke mittelst hydraulischer Kraft in ihren Klammern festgehalten und gleiten, um Ausbauchungen zu vermeiden, in Führungen. Bei diesem Processe, welcher dem Metalle seine ursprüngliche faserige Structur zurückgeben soll, befinden sich die Arbeitsstücke auf verhältnissmässig niederer Temperatur.

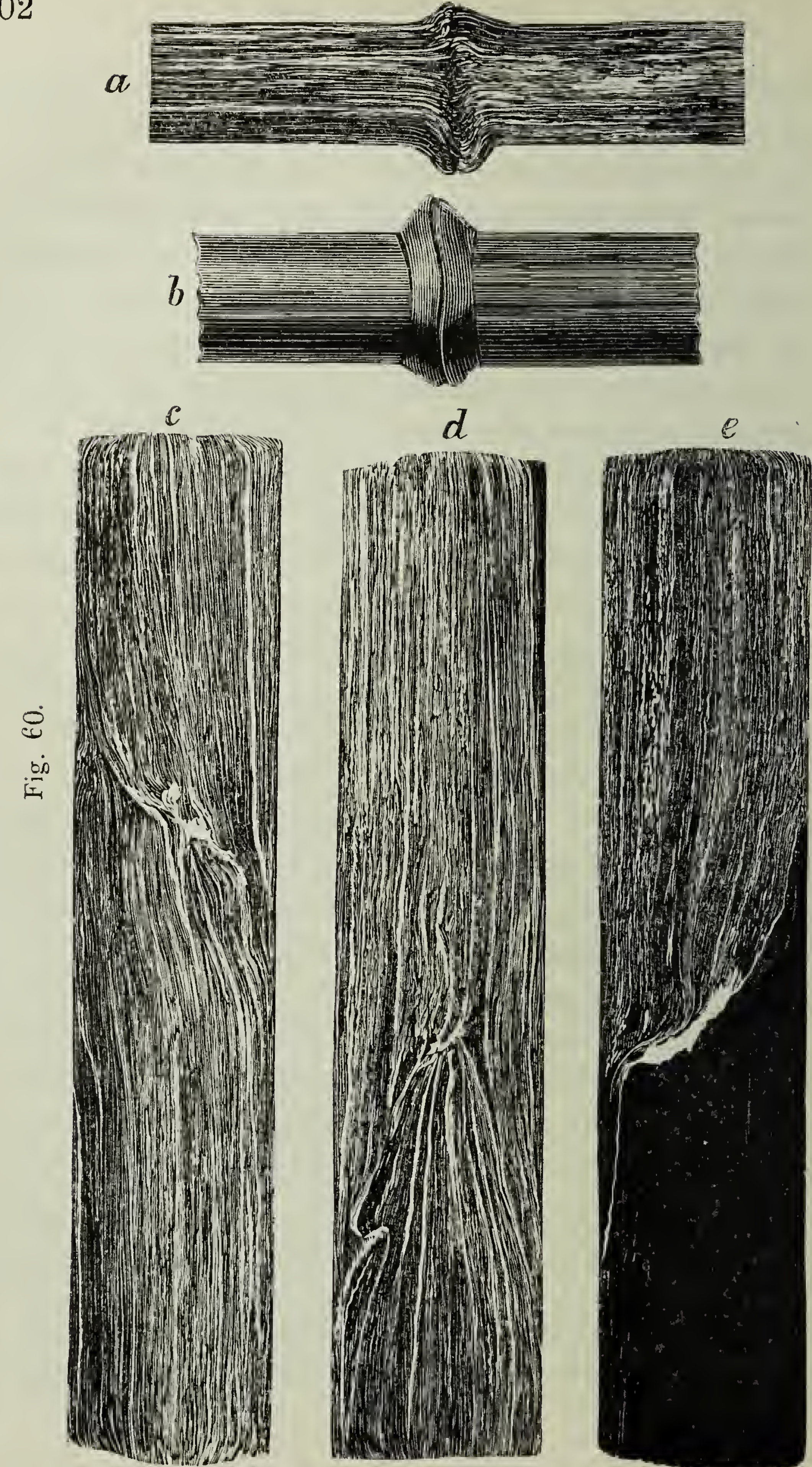


Fig. 60.

zu entfernen, sondern dieselbe behufs Erhöhung der Sicherheit der Schweissung an ihrer Stelle zu belassen.

Der Structur-Unterschied zwischen gewöhnlichen und elektrischen Schweissungen soll aus vorstehenden Illustrationen (Fig. 60) hervorgehen, welche einer alten Nummer der Zeitschrift »The Locomotive« entnommen sind. Figur *a* zeigt ein Stück halbzölligen Eisens, welches angeblich mittelst elektrischem Verfahren geschweisst wurde. Das Cliché soll direct aus dem Muster hergestellt sein, welches in der Mitte durchschnitten, glatt gefeilt und mit Säure geätzt wurde. Fig. *c d* und *e* sind mittelst des gewöhnlichen Verfahrens hergestellte Schweissungen, deren Cliché's ebenfalls auf die vorhin beschriebene Weise hergestellt worden sein sollen. *c* und *d* sind Schweissungen aus gewöhnlichem Eisen, *e* ist eine Schweissung aus Eisen und Stahl. Figur *b* soll das Aeussere der elektrischen Schweissung zeigen.

Wir haben diese Illustrationen hier darum aufgenommen, weil sie in den meisten Fachzeitschriften wiedergegeben und nicht angezweifelt wurden. Wir haben eine grosse Anzahl von Eisen- und Stahlstangen auf elektrischem Wege geschweisst und dann die Schweissstelle ihrer Länge nach entzwei geschnitten, mit Salpetersäure geätzt und erhielten auf diese Weise ein Bild des stattgehabten Vorganges, welches jedoch von jenem in Fig. 60a wesentlich verschieden ist. Wir finden, dass die Fasern der beiden Stücke in einander verlaufen, wenn die Enden der Arbeitsstücke rein von Schmutz oder Oxyden gewesen sind. Ist dies nicht der Fall gewesen, zeigen sich inmitten der ineinander verschmolzenen Fasern kleine Flecken, welche sich

wie Inselchen inmitten eines Stromes ausnehmen. Es hängt lediglich von der angewandten Wärme und von der Zeitdauer der Schweissung ab, ob die Fasern in einander verlaufen, theilweise mit einander verschmelzen, oder ob zwischen den beiden Stücken eine Scheidelinie wahrnehmbar bleibt. Gute elektrische Schweissungen zeigen besonders an den der Oberfläche nahe liegenden Schichten ein inniges Verwachsen der Fasern, während im Innern Spuren wirklicher Verschmelzung wahrnehmbar sind.

Verhütung der Oxydation.

Wir wissen aus dem gewöhnlichen Handwerk, dass die Oxydirung der erhitzten Metallstücke einer der grössten Uebelstände bei der Schweissung ist.

Das elektrische Schweissverfahren wird in Folge seiner Raschheit weniger von der Oxydirung der Arbeitsstücke beeinflusst. Auch bietet die durch das Zusammenpressen oder Zusammenstauchen der Arbeitsstücke entstandene Schweissstelle der Oxydation weniger Raum, als die relativ ziemlich grosse Schweissstelle beim gewöhnlichen Verfahren. Dennoch aber ist die Oxydirung auch beim elektrischen Verfahren ein Uebelstand geblieben, zu dessen Behebung die verschiedensten Mittel ausgedacht wurden. (Ueber Verwendung von Flussmitteln siehe Capitel: »Die Eignung verschiedener Metalle für elektrische Bearbeitung.«)

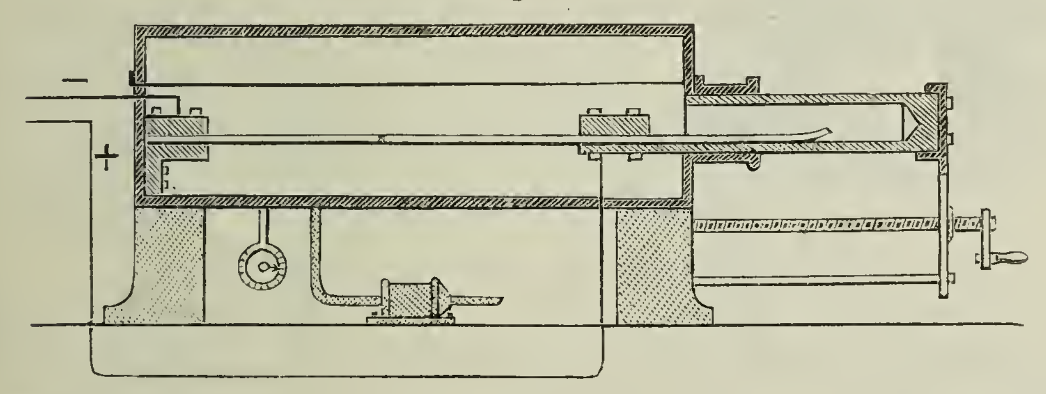
Schweissung im luftverdünnten Raume.

Es war natürlich, dass man vor Allem daran dachte, die Schweissung im luftverdünnten Raume herzustellen. Die Versuche Faye's haben ergeben, dass ein ähnliches Verfahren auf guten Erfolg rechnen könne.

In Amerika hat sich Coffin ein Verfahren zur Schweissung im luftverdünnten Raume patentiren lassen,*) doch ist bis jetzt von einer industriellen Verwerthung desselben nichts bekannt geworden. (S. Fig. 61.)

Bei den diesbezüglichen Versuchen sind mehrere interessante Wahrnehmungen gemacht worden. Ein glänzend polirtes Metallstück kann im Vacuum geschweisst werden, ohne dass die Politur dadurch von ihrem Glanze verlieren würde. Eine auf die Schweissstelle ausgeübte Kraftanstrengung, ein Biegen oder Drehen der-

Fig. 61.



selben, erhöht den Wärmeeffect in bedeutendem Masse. Bricht oder spaltet sich zufällig hiebei die Schweissstelle im Vacuum und werden die Stücke an der Bruchstelle sofort wieder zusammengedrückt, so wird sich die Schweissung bei Rothglühhitze erneuern.

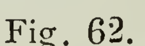
Für schnelle Schweissungen, wie solche in Werkstätten nothwendig sind, wird selten ein hohes Vacuum erreicht. Bei niederem Vacuum (ein Zwölftel) ist die zur Schweissung einer Eisenstange erforderliche Energie die Hälfte jener, welche erforderlich wäre, falls man die Stange an freier Luft geschweisst hätte. Mit halbem Vacuum beträgt die erforderliche Energie ein

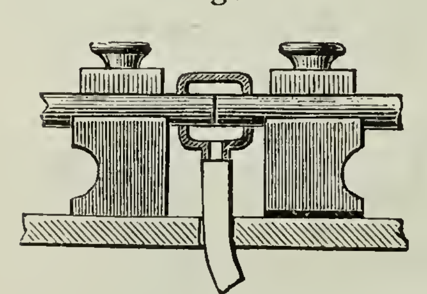
*) Amerik. Patent Nr. 409.015 Appl. fil. April 24, 1889.

Fünftel, bei hohem Vacuum ein Zehntel jener Energie, welche die Schweissung in freier Luft erfordert.

Schweissung im gaserfüllten Raume.

Es ist klar, dass die Schweissung im luftverdünnten Raume nur in ausserordentlichen Fällen angewendet werden kann. Man hat daher daran gedacht, die Oxydirung der Metallstücke auf eine praktischere Art zu verhindern, und zwar dadurch, dass die zu erhitzende Stelle mit einem unoxydirbaren Medium umgeben wird. Dieses letztere kann z. B. ein Hydrocarbongas oder -Dampf sein. Coffin hat gefunden, dass solche Gase zur besseren Härtung der Schweissung beitragen. *) (Fig. 62.)


Fig. 62.



Schweissung unter Wasser.

Derselbe Erfinder hat es auch versucht, die Schweissung vorzunehmen, während die Arbeitsstücke unter Wasser tauchen. In dem hierauf bezüglichen Patente**) werden als Vortheile für dieses Verfahren geltend gemacht, dass das Wasser die Bildung von Oxyden und Schmutz an und in den Arbeitsstücken verzögere und ferner, dass das Wasser den Effect des Stromes erhöhe. (Fig. 62 a.) Auch hier ist von einer industriellen Verwerthung dieses übrigens unpraktischen Verfahrens nichts bekannt geworden.

Kühlung der Klammern.

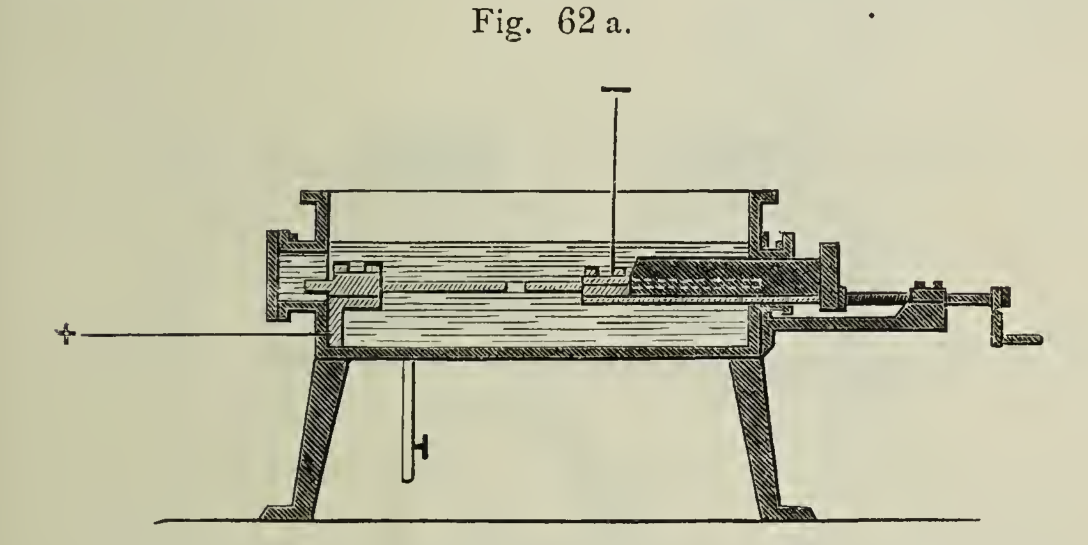
Um das Erhitzen der Klammern zu vermeiden, welche die Arbeitsstücke festhalten, lässt Lemp die-

*) Siehe Amerik. Patent Nr. 419.032, Appl. fil. June 25, 1889.

**) Amerik. Patent Nr. 437.570, dated Sept. 30, 1890. Appl. fil. Nov. 22, 1889.

selben in Schienen gleiten, deren Inneres mit einer Leitung für ein Kühlmittel versehen ist.*) In einem neueren Verfahren wird der sich erhitzende Theil der Arbeitsstücke nahe an den Klammern durch irgend ein Kühlmittel auf niederer Temperatur zu erhalten gesucht.**) Uebrigens sind in allen Thomson'schen Apparaten die Klammern mit einer Vorrichtung zur Aufnahme von Kühlwasser versehen.

Fig. 62 a.



Ausbauchung der Schweissstelle.

Eine Erfindung Elihu Thomson's besteht darin, auf die Schweissstelle eine laterale Zusammenpressung oder Verdichtung in jenem Momente auszuüben, während welchem die Schweissung durch Zusammenpressung der Arbeitsstücke vollendet wird. Diese laterale Kraftanstrengung soll die durch das Zusammenpressen der Stücke entstandene Ausbauchung (burr) der Schweiss-Stelle beseitigen, resp. das Hämmern ersetzen.***)

*) Amerik. Patent Nr. 432.629, April 1890.

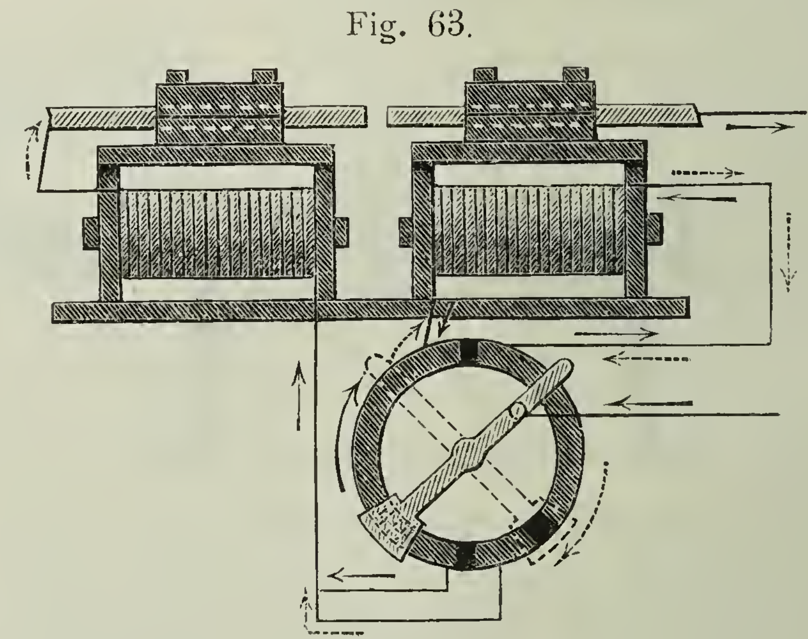
**) Amerik. Patent Nr. 455.420, dated July 7, 1891, Appl. fil. Feb. 19, 1891.

***) Amerik. Patent Nr. 434.532, Appl. fil. Dec. 23. 1889.

Zusammenpressung der Arbeitsstücke durch Magnete.

Coffin hat ein Verfahren ausgedacht,*) bei welchem die Zusammenpressung der Arbeitsstücke mit Hilfe von Magneten geschieht, welche verschiebbar sind und sich gegenseitig anziehen. Fig. 63 erläutert den Gedanken des Erfinders, dem es hiebei wohl mehr um einen Patentanspruch als um eine praktisch ausführbare Sache zu thun war

Fig. 63.



Die combinirten Verfahren.

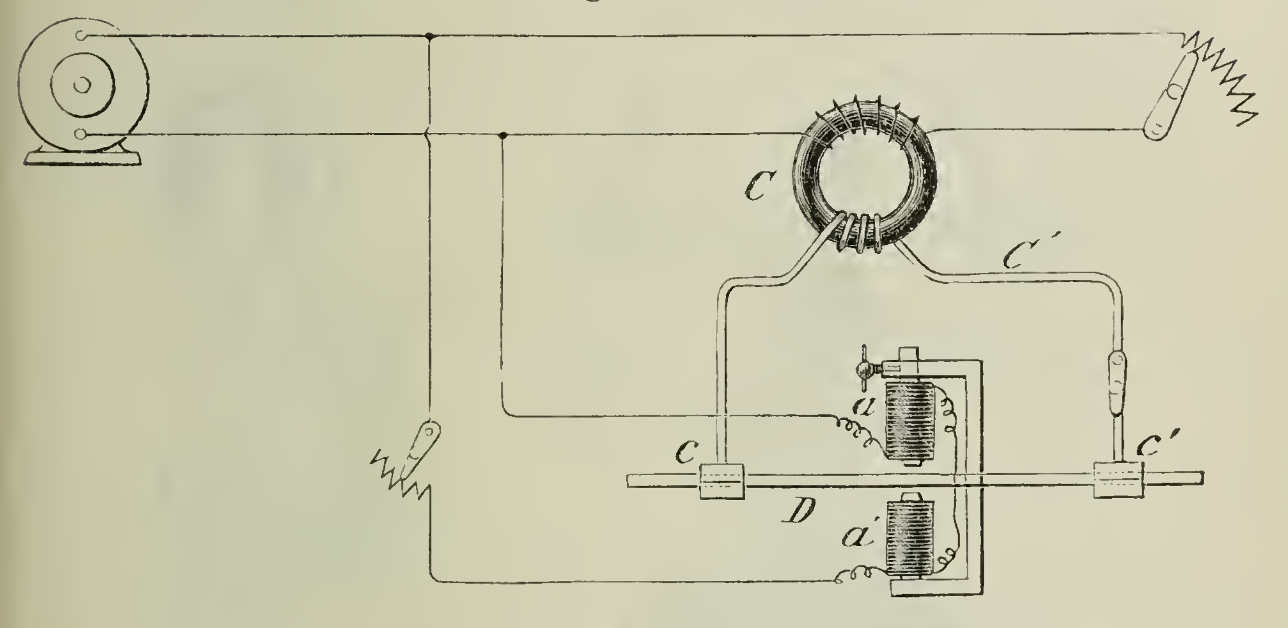
Künstliche Erhöhung des Widerstandes der Schweissstelle.

Die soeben beschriebenen Verfahren directer Schweissung haben bekanntlich den Nachtheil, dass sie Ströme von grosser Intensität erfordern. Die den Strom zuführenden Leiter müssen deshalb von grossem Querschnitte sein, der Transformator muss sich unmittelbar

*) Amerik. Patent Nr. 423.736, dated March 18, 1890, Appl. fil. Dec. 12, 1889.

am Schweissapparate befinden u. s. w. Es ist daher schon lange das Bestreben verschiedener Erfinder gewesen, den elektrischen Widerstand der Arbeitsstücke auf künstlichem Wege zu erhöhen, um hiedurch die Intensität des benöthigten Stromes herabzumindern.

Fig. 64.



Die Voraussetzung, dass der Widerstand der Schweissstelle sich erhöhe,*) wenn dieselbe der Einwirkung eines

*) Hermann Lemp schreibt uns über diesen Gegenstand wörtlich Folgendes: »Es gibt in dem ohmischen Widerstand keinen wahrnehmbaren praktischen Unterschied, welcher durch die Nähe eines Magneten in irgend einem Arbeitsstück hervorgerufen werden könnte. Wenn man einer von starken Wechselströmen durchflossenen Eisenstange eine Eisenmasse nähert, können in der Stange durch Selbstinduction die Ströme von jenem Punkte abgelenkt werden, welcher der Eisenmasse oder dem Magnet am nächsten ist, weil sich an diesem Punkte eine locale elektromotorische Gegenkraft entwickelt. Die Annäherung eines Magneten an die Schweissstelle wird daher eher eine Verzögerung als eine Beschleunigung des Schweissprocesses hervorrufen, ohne dass hiedurch der Nutzeffect grösser würde. Der Nutzeffect wird sogar vermindert, nachdem ein grösserer Apparat noth-

Magneten ausgesetzt wird, hat zu verschiedenen Patentansprüchen Anlass gegeben, von welchen jener Dewey's einer der ältesten ist.*) (Siehe Fig. 64.) A ist eine Wechselstrommaschine, in deren Stromkreis sich ein Transformator C befindet. Die secundäre Spule C' des

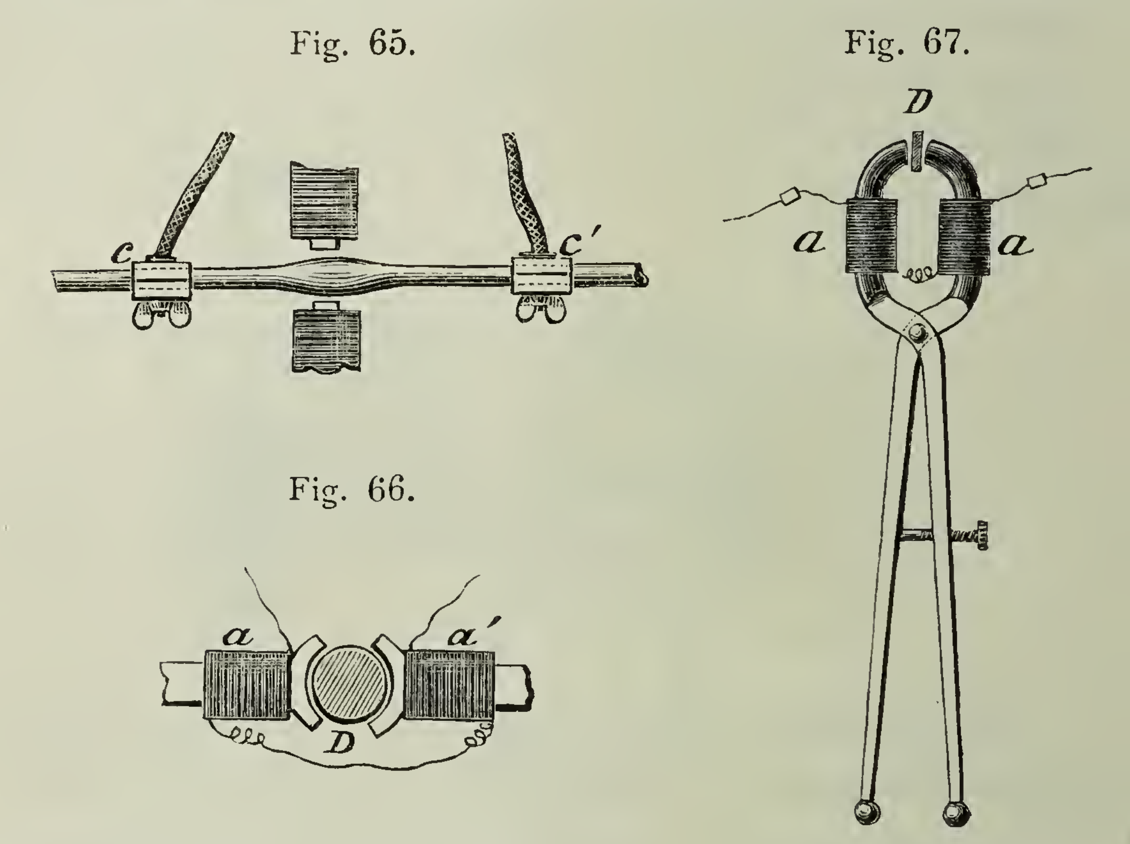


Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67.

letzteren läuft in die Klammern $c\,c'$ aus. Im Nebenschluss zum Hauptstromkreis liegen zwei Elektromagnete $a\,a'$, welche verschiebbar sind und je nach ihrer Position den Widerstand der Arbeitsstücke D verändern.

Die Fig. 65, 66, 67 zeigen verschiedene Anwendungen des Einflusses eines Magneten auf die Erwärmung der

---

wendig ist, um die entstandene elektromotorische Gegenkraft zu beseitigen. Elektromotorische Gegenkraft oder »impedance« ist grundverschieden vom ohmischen Widerstand.

*) Amerik. Patent Nr. 408.879, dated August 13, 1889, Appl. fil. June 3, 1889.

Arbeitsstücke. Wir geben dieselben nach uns vorliegenden Patentschriften wieder, ohne je von einer industriellen Verwendung dieses Verfahrens gehört zu haben.

Coffin hat sich ebenfalls viel mit der angeblichen Erhöhung des Widerstandes der Schweissstelle durch einen Magneten beschäftigt.*) Fig. 68 zeigt die schematische Anordnung eines Apparates, in welchem der Elektromagnet E auf einem Hebel c angebracht ist und den Arbeitsstücken IS nach Belieben genähert werden kann.

Fig. 68.

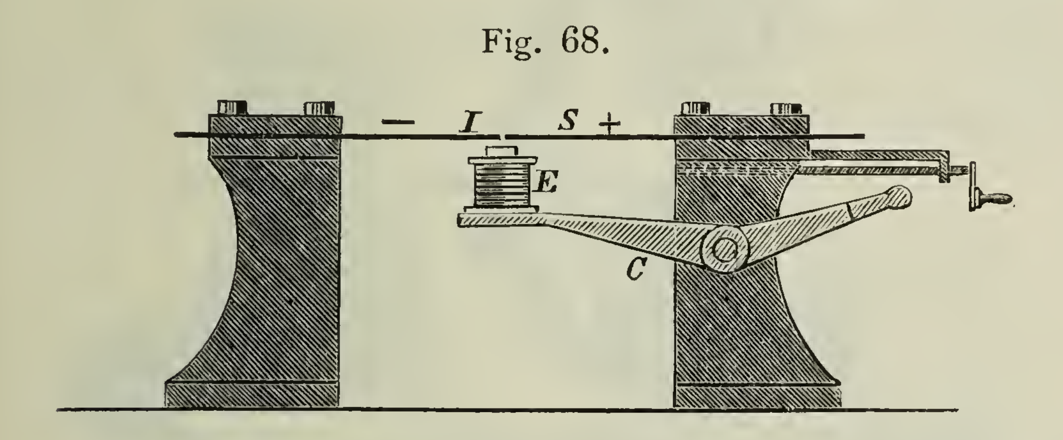


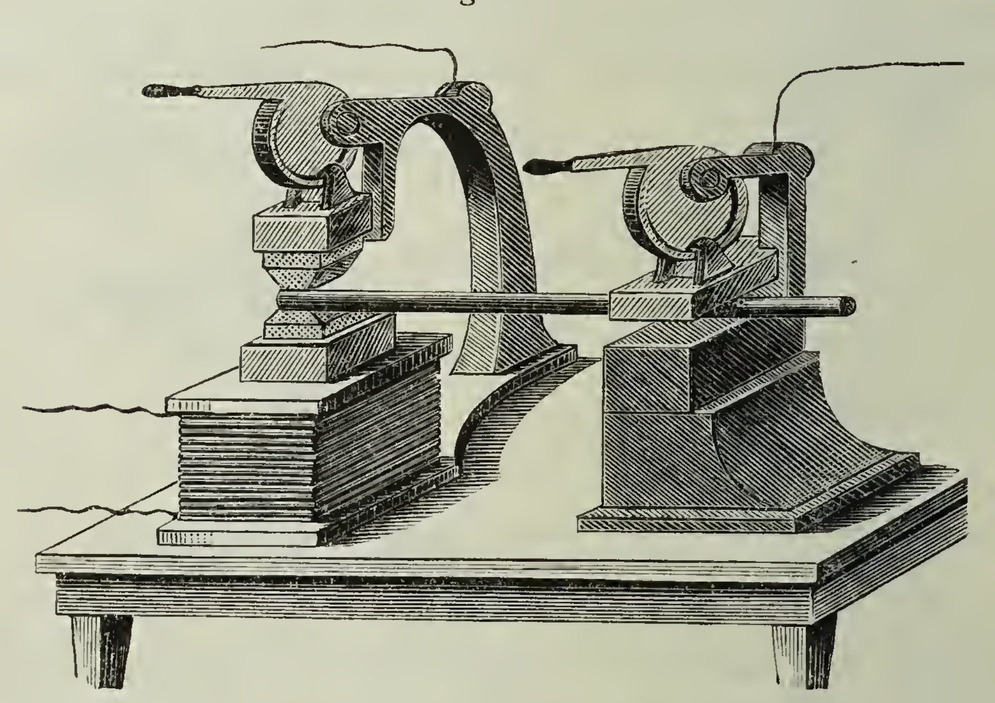
Fig. 69 zeigt einen Coffin'schen Apparat zum Erhitzen von Metallen. Jener Theil der Stange, welcher ins Glühen gebracht werden soll, ist in eine Klemme aus schlecht leitendem Material eingezwängt, welche der Einwirkung eines Elektromagneten ausgesetzt wird. (Wieso sich alle diese Verfahren mit der Thatsache zusammenreimen, dass bei 750° Eisen unfähig wird magnetische Kraftlinien zu führen, können wir aus den uns vorliegenden Beschreibungen nicht herausfinden.)

Coffin sucht übrigens den Widerstand der Schweissstelle auch noch dadurch zu erhöhen, dass er

*) Amerik. Patente Nr. 419.033, Appl. fil. Sept. 11, 1889; Nr. 435.284, Appl. filed April 8, 1890.

zwischen die Arbeitsstücke einen schlechten Leiter, ein Papier- oder Kohlenplättchen u. s. w. bringt. Sind einmal die Arbeitsstücke so weit erhitzt, dass in Folge ihrer Erwärmung ihr elektrischer Widerstand zunimmt, dann wird das Blättchen fortgenommen und der übliche Schweissprocess kann von Statten gehen.*)

Fig. 69.



Ein ähnliches Verfahren wurde früher von John H. Bassler vorgeschlagen. Die Arbeitsstücke werden an den Flächen, welche behufs Schweissung aneinander gepresst werden, mit einem schlecht leitenden Anstrich aus gepulverter Kohle versehen, welcher sich, sobald der Stromkreis geschlossen wird, erhitzt, und dadurch die Arbeitsstücke erwärmt.**)

---

*) Amerik. Patent Nr. 437.571, Appl. fil. April 8, 1890. Siehe auch Electrical World, Vol. XVI, Nr. 8.

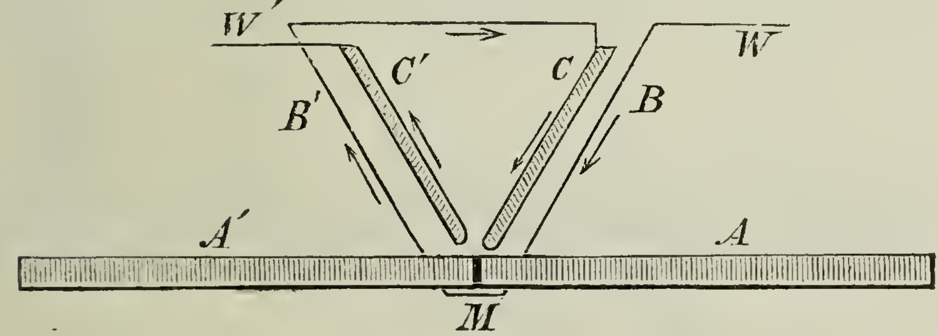
**) Amerik. Patent Nr. 456.540, dated Juli 21, 1891, Appl. fil. Aug. 16, 1888.

Der elektrische Widerstand gewisser Theile des Stromkreises wird durch Coffin und Powler ferner dadurch zu erhöhen gesucht, dass sie die durch Electricität auf Schweisstemperatur zu bringenden Stücke früher der Wirkung einer Gasflamme aussetzen, und das Material sozusagen vorwärmen.

Indirecte Erwärmung der Arbeitsstücke mit Zuhilfenahme des Lichtbogens.

Coffin hat folgendes Verfahren ausgedacht (Fig. 70): Die Arbeitsstücke $A A^1$ werden in gewöhnlicher Weise aneinander geführt. Ueber der Schweiss-

Fig. 70.



stelle M befindet sich ein Kohlenpaar $C C^1$ zwischen welchem ein Lichtbogen hergestellt wird. Der Strom geht über $W B$ an die Schweissstelle M, von dort über B^1 nach C, setzt im Lichtbogen nach C^1 über und kehrt in W^1 zur Elektricitätsquelle zurück. Die Schweissstelle wird daher sowohl durch den natürlichen Widerstand in M als auch durch den nahegebrachten Lichtbogen erwärmt.*)

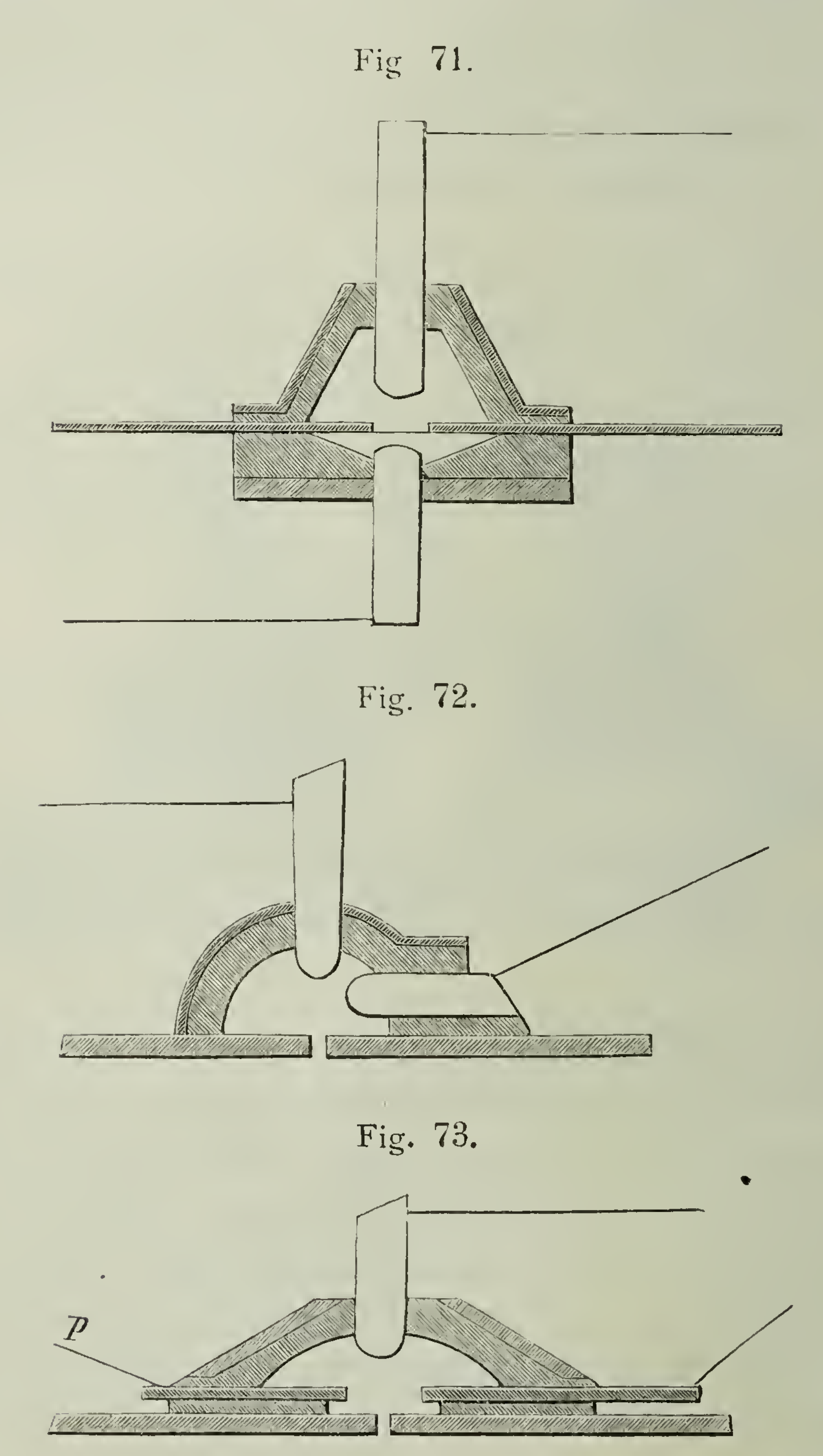
*) Amerik. Patent Nr. 401.639, dated April 16, 1889. Appl. filed Sept. 18, 1888.

Die Arbeitsstücke werden hiebei, mit Ausnahme der Schweissstelle, mit einem feuerbeständigen oder Wärme

Fig 71.

Fig. 72.

Fig. 73.



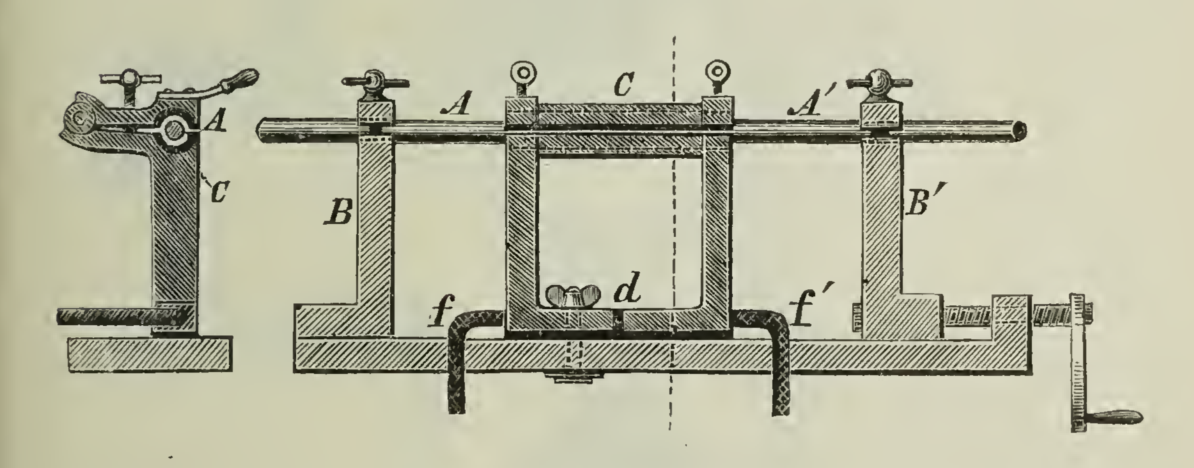
schlecht leitenden Material umgeben, um Wärmeverluste zu verhüten. Die Schweissung findet durch Zusammen-

pressen der erhitzten Arbeitsstücke statt.*) (Siehe Fig. 71, 72 und 73.)

Andere Methoden indirecter Erwärmung.

Mark Dewey hält es für vortheilhafter, die Arbeitsstücke von Aussen zu erwärmen, wie es beim Handwerk durch das Schmiedefeuer geschieht, während Thomson es gerade für einen Vorzug des elektrischen Schweissverfahrens hält, dass die Erhitzung von Innen heraus geschieht. Dewey hat für die in-

Fig. 74.



directe Erhitzung der Arbeitsstücke eine Anzahl von Verfahren erdacht, von welchen folgende hervorgehoben werden sollen:

Die Arbeitsstücke $A A^1$ sind durch Klemmen $B B^1$ festgehalten, welche vom elektrischen Strome nicht durchflossen werden. (Fig. 74.) C ist ein Rohr, welches vom elektrischen Strom erhitzt wird, und welches seine Wärme an die in das Innere des Rohres eingeführten Arbeitsstücke abgiebt. $f f^1$ sind die stromzuführenden

*) Amerik. Patent Nr. 427,971. Appl. fil. April 24, 1889.

Leiter, welche in *d* von einander isolirt, in *C* kurzgeschlossen sind.

Bei einem anderen Verfahren wird das Rohr *C* mit Kohlenstaub ausgefüllt, welcher ins Glühen kommen und seine Hitze den Arbeitsstücken mittheilen soll.*)

Fig. 75.

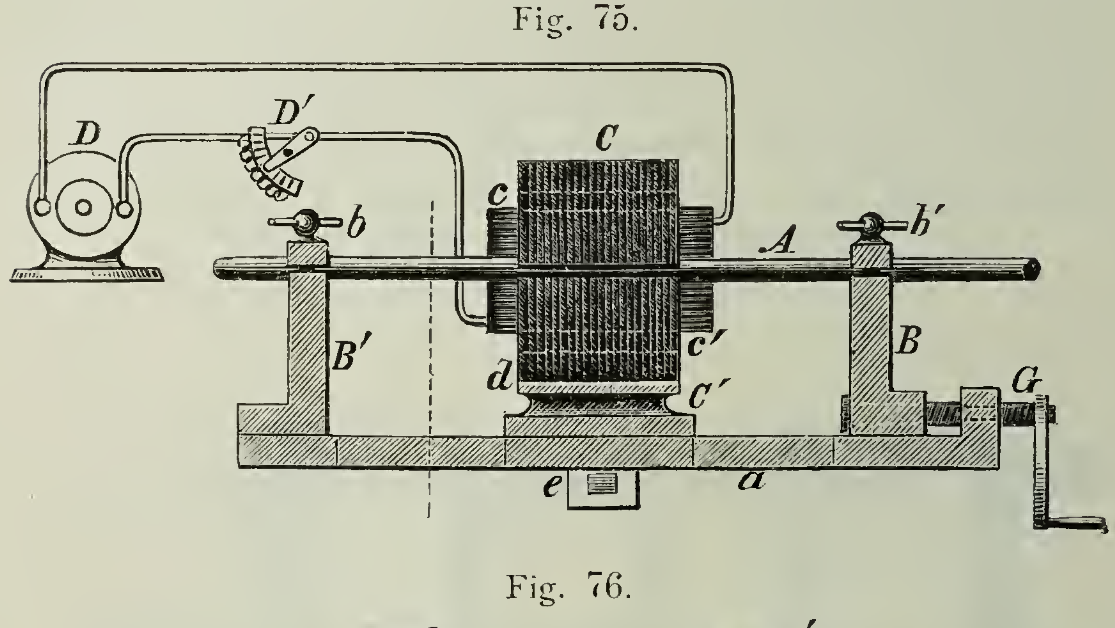
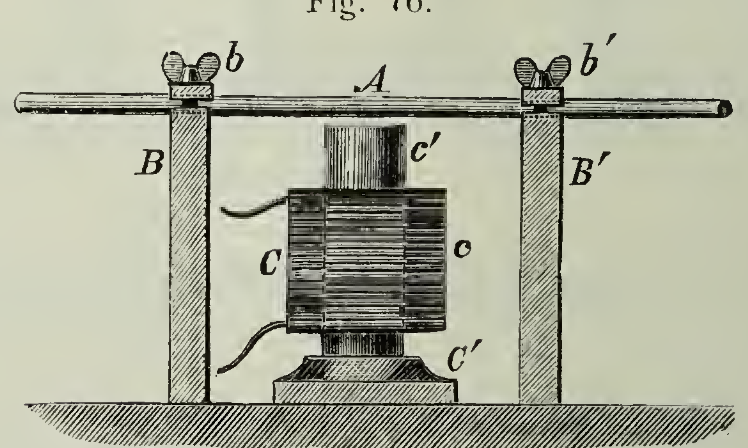


Fig. 76.



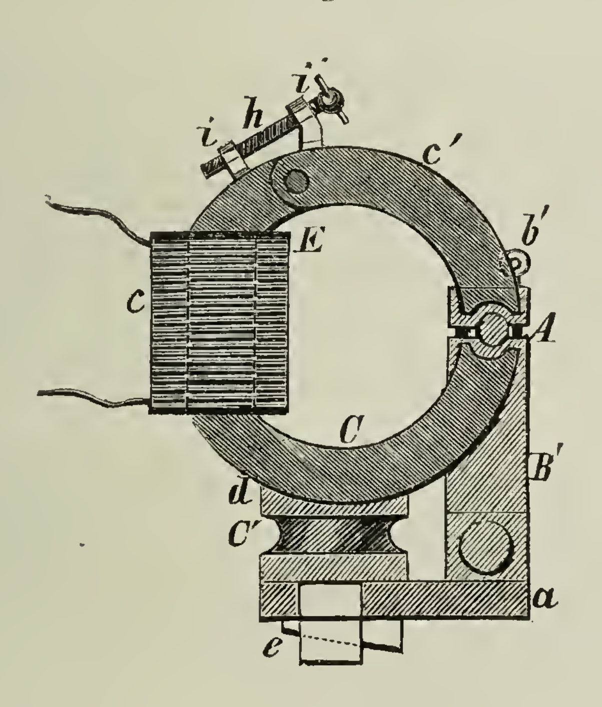
Erhitzung der Arbeitsstücke durch in denselben hervorgerufene Wirbelströme.

Mark W. Dewey hat Apparate (siehe Fig. 75, 76 und 77) angegeben, in welchen die Arbeitsstücke

*) Amerik. Patent Nr. 430.839, dated June 24, 1890. Appl. filed April 9, 1890.

der Einwirkung eines magnetischen Feldes von rapid wechselnder Polarität ausgesetzt werden.*) *A* sind die zu erhitzenden Arbeitsstücke, $b\,b^1$ die Klammern, in welche die Stücke eingespannt werden. Der Hälter *B* kann mittelst der Schraube *G* verschoben werden. *C* ist ein Elektromagnet, welcher auf C^1 befestigt und

Fig. 77.



von der Tischplatte *a* durch die Einlage *d* isolirt ist. Der Elektromagnet lässt sich verschieben und durch *e* in seiner endgiltigen Position festhalten. In der Spule *c* des Elektromagneten kreisen Wechselströme. Der Kern c^1 der Spule (aus Eisendrähten oder Blechen hergestellt) inducirt durch seinen Magnetismus die wärmeerzeugenden Ströme in den Arbeitsstücken.

---

*) Amerik. Patent Nr. 422.190 dated February 25, 1890. Application filed December 11, 1889.

Das Schmelzverfahren.

Die elektrische Erhitzung von Metallen auf Schmelztemperatur und das Zusammenschmelzen derselben mittelst Elektricität ist schon vor geraumer Zeit angewendet worden. Das englische Patent Wilde's Nr. 1412 vom Jahre 1865 erwähnt ausdrücklich die Eignung der von ihm beschriebenen elektrischen Maschine zu Schmelzzwecken.*)

Joule hat die praktische Anwendung des Schmelzverfahrens schon vor geraumer Zeit vorausgesehen.**)

William Siemens construirte im Jahre 1881 einen eigenen Apparat zum Zusammenschmelzen von Drahtenden.***)

Geraume Zeit vorher hatte man in den Werkstätten der Thomson-Houston-Company angefangen, die Drähte

---

*) Siehe über von Wilde mit Eisendraht angestellte Schmelzversuche: Phil. Trans. 1867, Vol. 157, p. 106.

**) Siehe Joule's Beschreibung des Schmelzverfahrens in Memoir of Literary and Philosophical Society of Manchester. II. Series, Vol. XIV (1887) p. 49. »On the Fusion of Metals by Voltaic Electricity.«

***) Die hiebei in Verwendung gekommene Dynamomaschine hatte eine Capacität von 60 Ampères zu 20 Volts. Es wurden Drähte von 0·073, 0·11 und 0·131 Zoll Durchmesser aneinander geschmolzen.

der Dynamo-Ankerbewicklungen auf elektrischem Wege zusammenzuschmelzen.

Wir verweisen ferner auf die Schmelzvorrichtungen von Wallner, Cowles, William Siemens, William Maxwell, Farmer u. s. w.

Die Ersetzung des gewöhnlichen Schweissverfahrens, durch Aneinanderschmelzung der Werkstücke mittelst des Lichtbogens, wurde zuerst von Benardos wirklich industriell angewendet, und zwar im Jahre 1881, im Laboratorium Kabath's, wo er die Accumulatoren auf elektrischem Wege löthete.*) Benardos' Verfahren bestand hauptsächlich darin, die Arbeitsstücke mit dem negativen Pole einer Elektricitätsquelle zu verbinden, während der positive Pol an ein Kohlenstück ging, welches den Bogen herstellt. Die kräftig reducirende Wirkung, welche an dem negativen Pole stattfindet, sollte die Oxydation des zu bearbeitenden Metalles verhindern.

Nun geht es aber in der Praxis nicht immer gut an, das zu bearbeitende Metall mit dem negativen Pole zu verbinden, weil, wenn der Lichtbogen in freier Luft hergestellt wird, die negative Elektrode eine bedeutend geringere Temperatur zeigt als die positive.**) Dieser Wärmeunterschied kann so weit gehen, dass das mit dem negativen Pole verbundene Arbeitsstück kaum ins

*) La Nature, 25. Juni 1887. Englisches Patent Nr. 12.984 vom 28. October 1885.

**) Das Gegentheil findet statt, wenn der Lichtbogen im luftleeren Raume hergestellt wird. Die negative Elektrode (Kohle) erwärmt sich bis zu einem Grade, welcher der Schmelztemperatur des Platins gleichkommt, während die positive Elektrode verhältnissmässig weniger erhitzt wird. Siehe die Versuche De La Rive's und

Rothglühen gebracht werden kann, während die positive Kohlenelektrode schon weissglüht.

Dieser Umstand verhindert oft, dass, so lange die Schweissung in freier Luft stattfindet, das Arbeitsstück mit dem negativen Pol verbunden bleiben könne. Man muss auf die Vortheile, welche aus der Verbindung des Arbeitsstückes mit dem negativen Pol einer directen Stromquelle (wie Accumulatoren, Gleichstrom-Dynamo) hervorgehen, sehr häufig verzichten, besonders wenn die Werkstücke von grossem Querschnitte sind.

Wie aus einer Aeusserung Uppenborn's*) hervorgeht, hat auch wirklich Benardos seine ursprüngliche Anordnung späterhin dahin geändert, dass er das Arbeitsstück zumeist mit dem positiven, anstatt mit dem negativen Pol in Verbindung brachte. Nach Uppenborn's Versuchen beträgt der Potentialsprung vom negativen Pol bis zum Lichtbogen etwa $^1/_6$ von dem Potentialsprung zwischen dem positiven Pol und dem Lichtbogen. Bei einem Besuch der Berliner Werkstatt »Elektrohephäst« fand Uppenborn, dass das Werkstück mit dem positiven Pole verbunden war. Auf seine Bitte wurden die Pole gewechselt, wobei der Lichtbogen trotz der bedeutenden Stromstärke von circa 120 *A* nur schwierig im Stande war, die zu schweissenden Bleche genügend zu erhitzen.

Rosetti's in »Annales de Chimie et de Physique«, 5. série t. XVIII p. 476. — Siehe auch »Ueber die Differenz zwischen den Elektroden bei verschiedenen Temperaturen in der Luft und in luftverdünnten Räumen.« Von M. A. Fleming. Memorandum, gelesen in der Royal Society am 9. Jänner 1890.

*) Elektrotechnische Zeitschrift, 1890, Heft 49.

Das Benardos'sche Verfahren hat sich, wie Uppenborn weiter ausführt,*) für eine Reihe von Anwendungen bewährt, für andere weniger. Der Hauptmangel dieses Verfahrens bestehe darin, dass die Wärmewirkung des Stromes nur schwierig regulirt werden kann, und dass in Folge der oft zu hohen Temperatur die zusammenzuschmelzenden Stücke gelegentlich verbrennen.

Dieser Umstand wird auch von anderer Seite bestätigt.**) Stahl und Eisen verbrennen sehr leicht im Lichtbogen. Die geschmolzenen Stücke haben manchmal ein schwammiges Aussehen, und befinden sich in denselben zuweilen kleine Poren, welche von Verbrennung oder Ueberhitzung herrühren. Das Verfahren greift anfänglich die Augen des Arbeiters an, wenn der Lichtbogen nicht durch genügend dunkles Glas verdeckt ist.

Es wird ferner der Einwurf gemacht, dass man beim Schmelzverfahren mittelst des Lichtbogens in Unkenntniss über die Güte der Vereinigung, und über die Veränderungen sei, welche das Metall durch die Operation erfahren hat. Die Temperatur des im Lichtbogen geschmolzenen Metalles erreicht bei Eisen oder Stahl nahe an 2000 Grade. Es ist klar, dass ein in

*) Elektrotechnische Zeitschrift, 1890, Heft 42.

**) Charles L. Coffin, welcher sich viel mit der Verbesserung des Benardos'chen Verfahrens beschäftigt hat, sagt uns von dem letzteren: »Since the regulating and maintaining the arc at proper length is done by hand, much difficulty is experienced in securing an uniform arc, while the regulation of the dynamo is almost an impossibility; the material is subjected to too severe treatment and, in many instances, notably in working on steel or iron, a chill is formed at the weld, or the metal is overheated and greatly oxidized.«

so plötzlicher Weise geschmolzenes Metall eine Veränderung erlitten haben muss. Die Analysen haben gezeigt, dass das Metall seinen Kohlenstoff und sein Mangan zur Hälfte, sein Silicium aber ganz verloren hat; eine Prüfung ergiebt, dass sich das Metall krystallisirt hat und leicht porös wird. Es behalte seine Zugsfestigkeit, seine Ausdehnungsfähigkeit sei aber beinahe gleich Null. Wenn das betreffende Stück beim Abkühlen gehämmert werden kann, so wird diesem Uebelstand abgeholfen.*)

Prof. Rühlmann veröffentlicht nachstehende Analysen, welche Durchschnittsergebnisse mehrerer einzelner Untersuchungen sind.

	Stahl		Eisen	
	unbearbeitet	geschmolzen	unbearbeitet	geschmolzen
Eisen	98·86	99·39	98·90	99·43
Kohlenstoff .	0·48	0·25	0·34	0·14
Silicium . . .	0·04	Spuren	Spuren	Spuren
Mangan . . .	0·50	0·25	0·50	0·23
Schwefel . .	0·04	0·04	0·14	0·09
Phosphor . .	0·08	0·07	0·12	0·11
	100·00	100·00	100·00	100·00

Die vordere Zahlenreihe bezieht sich auf das unveränderte Material, die zweite auf Probestücke, welche dadurch hergestellt wurden, dass man das im Lichtbogen geschmolzene Metall herabfliessen liess, und das

*) Mittheilung M. Polonceau's an die Société des Ingénieurs Civils 1888. — Prof. Rühlmann behauptet dagegen: »Durch den Lichtbogen geschmolzenes Eisen ist kalt und warm biegsam, schmiedbar, zeigt ein sehniges Gefüge, und ist ungefähr so hart und von derselben Festigkeit, wie weicher Stahl.

Schmelzproduct durch weitere Behandlung mit dem Lichtbogen zu einem einheitlichen Stück zusammenschmolz.

Man sagt ferner, das Schmelzverfahren sei eigentlich weiter nichts, als eine Löthung, mit allen ihr anhaftenden Mängeln. Dass diese Löthung eine »autogene« ist, dass es hiebei keines fremden Materials bedarf, ändere an dieser Thatsache nichts. Während bei der Schweissung die homogene Structur des Metalles erhalten bleibt, werde dieselbe bei der Zusammenschmelzung zerstört.

Wie schon erwähnt, liegt die grösste Schwierigkeit, welche sich der praktischen Anwendung des Verfahrens entgegenstellt, in der Regelung der Spannung und Stromstärke, d. h. in der Herstellung der für einen bestimmten Zweck gerade geeignetsten Länge, Querschnitt und Temperatur des Lichtbogens. Der Weg, auf welchem Benardos die Regelung von Spannung und Stromstärke erreichen wollte, war folgender:*) Eine Nebenschluss-Dynamo, die durch Dampf- oder Wasserkraft bewegt wird, erzeugt während der Arbeitszeit unausgesetzt Elektricität. Die elektrische Energie wird angesammelt in einer grossen Accumulatorenbatterie, welche aus mehreren parallel geschalteten Gruppen von gleichviel hinter einander geschalteten, unter sich gleichen Zellen besteht. Durch eine geeignete Schaltvorrichtung kann man verschiedene Zahlen hinter einander geschalteter Accumulatoren verwenden und dadurch die Spannung bei der Arbeit regeln. Durch

*) Siehe Elektrotechnische Zeitschrift, 1887, November.

Verwendung mehrerer Gruppen von gleichviel hinter einander geschalteten Accumulatoren in Parallelschaltung ändert man den inneren Widerstand der Elektricitätsquelle und regelt auf diese Weise die Stromstärke und damit die Temperatur. Ein anderweitiges Hilfsmittel, um Veränderungen in der Stromstärke herbeizuführen, habe man durch die Wahl der Länge des Lichtbogens in der Hand. Feinere Unterschiede könnten auch noch dadurch bewirkt werden, dass man in den Stromkreis veränderliche Widerstände einschaltet.

Prof. Rühlmann führt zur Erläuterung des Ebengesagten folgendes Zahlenbeispiel an: Stellen wir uns vor, wir haben es mit einer Nebenschluss-Dynamomaschine zu thun, welche einen Strom von 120 Amp. bei 175 Volts Spannung dauernd zu liefern geeignet ist. Von den Polen der elektrischen Maschine führen Leitungen zu einer Accumulatorenbatterie, welche aus sieben parallel geschalteten Gruppen von je 70 Zellen besteht. Von dem negativen Polende der Batterie führt eine biegsame Leitung unmittelbar zu dem zu bearbeitenden Metallstücke.

Um nun zwei 10 Mm. dicke Kesselbleche zu verlöthen, werden die positiven Enden der 40sten Zellen von je drei der parallel geschalteten Gruppen durch ein biegsames Kabel leitend mit einem von Hand zu führenden Kohlenhalter verbunden, der einen homogenen Kohlenstab von 25 Mm. Durchmesser und ungefähr 250 Mm. Länge trägt. Berührt man nunmehr mit dem zugespitzten, vorderen Ende des Kohlenstabes, für den Bruchtheil einer Secunde, das zu bearbeitende Metallstück und entfernt den Kohlenstab sofort wieder um

mehrere Millimeter, so entsteht zwischen Metall und Kohle ein Lichtbogen, der durch ein zum Schutze des Auges vorgehaltenes dunkles Glas ähnlich aussieht, wie die Stichflamme eines Gaslöthrohres. An der Stelle, an welcher die stumpfe Spitze des Lichtbogens das Metall berührt, schmilzt dasselbe wie Wachs und wird zu einer leichtfliessenden Flüssigkeit. Ist die Wirkung eine zu kräftige, siedet, wallt und verdampft das geschmolzene Metall, so nimmt man anstatt drei parallel geschalteter Gruppen von 40 Accumulatoren nur deren zwei oder gar nur eine. Wünscht man hingegen das Metall noch rascher zum Schmelzen zu bringen, so fügt man noch eine vierte oder fünfte Gruppe von gleichvielen elektrischen Sammlern hinzu. Erlischt der Lichtbogen häufig, oder ist er zu schmal, so nimmt man in jeder der parallel geschalteten Gruppen eine grössere Anzahl von hinter einander geschalteten Zellen.

Als besondere Vortheile des Benardos'schen Verfahrens werden angeführt:

Die Wirkung des Lichtbogens ist, ähnlich wie die der Stichflamme eines Gaslöthrohres, eine nur örtliche; nur diejenigen Metalltheile, welche wirklich schmelzen sollen, werden hoch erhitzt, während die der bearbeiteten Stelle entfernter liegenden Theile nur verhältnissmässig wenig durch Leitung und Strahlung erwärmt werden. Das flüssig gewordene Metall wird daher, unmittelbar nachdem der Lichtbogen zu wirken aufgehört hat, wieder starr.

Unter der Wirkung des Lichtbogens werden selbst die schwerst schmelzbaren Metalle fast augenblicklich flüssig. Aus den beiden soeben betonten Gesichts-

punkten folge, dass die Arbeit sehr rasch vorwärts schreiten kann. — Weiters:

Die Metallstücke, welche behandelt werden sollen, bedürfen bei dem elektrischen Löthverfahren so gut wie gar keiner vorhergehenden Bearbeitung, da es bei den hohen Spannungen, welche verwendet werden, gelingt, den Lichtbogen auch dann zu erzeugen, wenn die Oberfläche des Werkstückes mit einer ziemlich dicken Oxydschicht überzogen ist. Unter der Einwirkung des Voltabogens werden die Oxyde rasch reducirt; geringe Mengen Oxyd, welche doch noch vorhanden sind, werden dadurch in Schlacke verwandelt, dass man etwas thonhaltigen Sand als Flussmittel zugiebt; dieser Schlackenüberzug schützt gleichzeitig das Metall während der Abkühlung vor der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs.

Der Apparat kann leicht an das zu schweissende Stück herangebracht werden, anstatt dass das letztere zum Apparat gebracht werden müsste. Die Fig. 78 ist nach einer Photographie angefertigt, welche im Benardos'schen Atelier gelegentlich einer Kesselreparatur aufgenommen wurde und welche die Bequemlichkeit des Verfahrens gut veranschaulicht. Der negative Pol kann mittelst eines Klobens irgendwo angebracht werden, während der positive Pol durch ein schmiegsames Kabel mit dem Schweisswerkzeug verbunden wird.*)

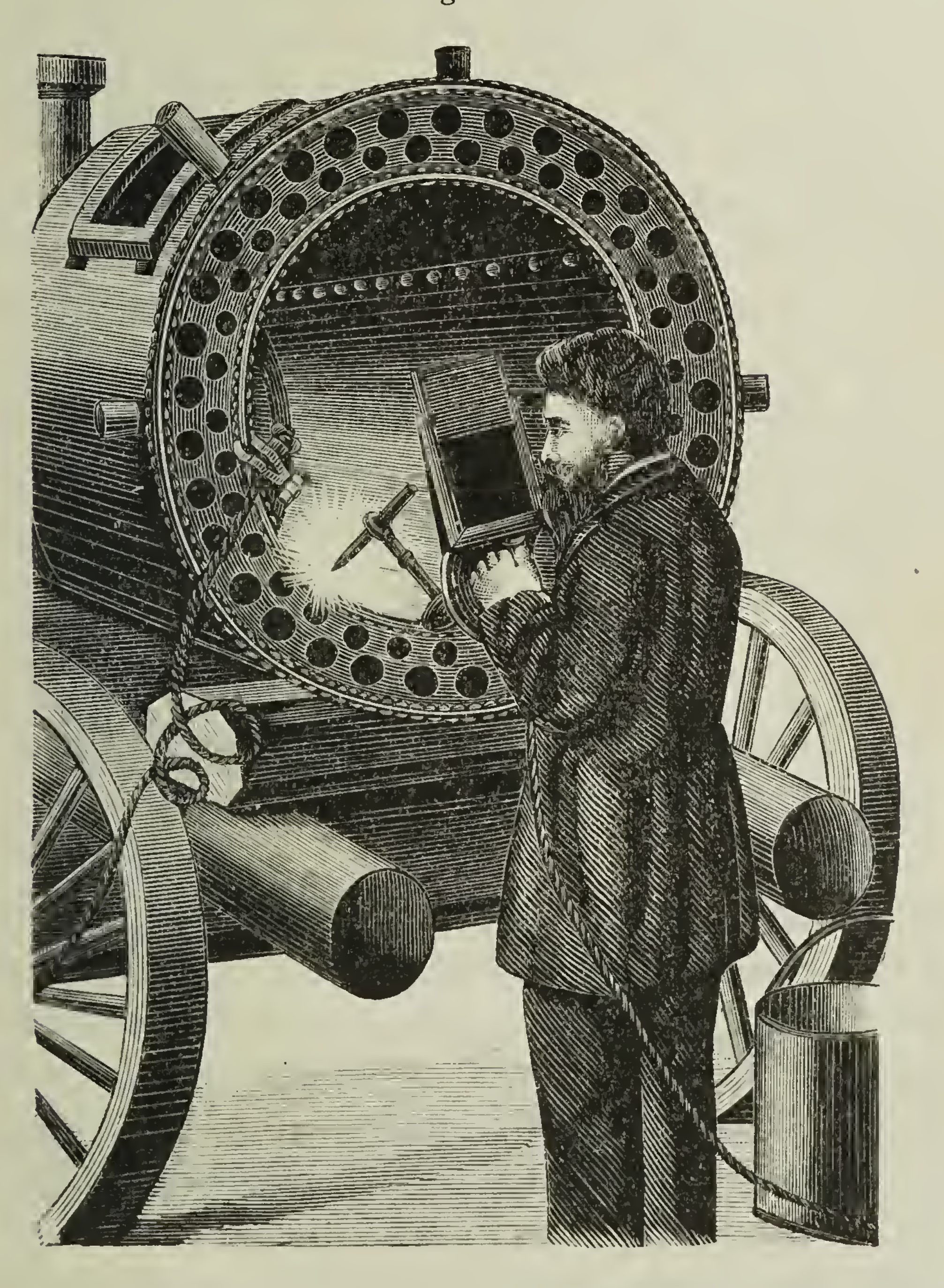
Das Schweissverfahren scheint zur Bearbeitung von Flächen, grossen Blechen u. s. w. wenig praktisch zu

---

*) Elektrotechnische Zeitschrift November 1887, und Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Bd. XXXI, S. 863.

sein, während das Schmelzverfahren in solchen Fällen sehr leicht anzuwenden ist.*) Gewisse Arbeiten, wie

Fig. 78.



*) Wie wir wissen, hat die Thomson Welding Co. schon mehrere Apparate zur Schweissung von Platten und Blechen construirt. Dieselben haben übrigens das Laboratorium noch nicht verlassen und sind auch noch nicht patentirt, so dass wir ausser Stande sind, eine nähere Beschreibung derselben zu geben.

z. B. die Vereinigung ganz unregelmässig geformter Metallstücke könnten nur mit dem Benardos'schen Verfahren erfolgreich ausgeführt werden. Für Reparaturarbeiten in grösseren Werkstätten, für Arbeiten der Grobklempnerei, sowie für Bleilöthungen ist dasselbe gewiss von Werth.

Das Schmelzverfahren erfordert wenig Hilfsapparate, während das Schweissverfahren complicirte Mechanismen und vielerlei Gattungen von Apparaten erfordert.

Als gewichtigster Vorzug des Schmelzverfahrens aber ist dessen geringes Krafterforderniss anzusehen. Beim Schweissverfahren handelt es sich, wie gesagt, um enorme Stromintensitäten. Wir haben gesehen, dass bei der Schweissung von Eisenstangen z. B. über 20 Pferdekräfte per Quadratzoll geschweissten Materials nothwendig sind. Bei grösseren Querschnitten und bei besser leitenden Metallen, wie z. B. Kupfer, gehen die Stromintensitäten ins Enorme.

Das Schmelzverfahren, welches auf der Erzeugung eines kräftigen Lichtbogens beruht, erfordert in den bis jetzt gebräuchlichen Apparaten nicht mehr als dreissig Pferdekräfte.*) Es würde daher das Schweissverfahren bei Weitem überflügeln, wenn es nicht an einem unheilbaren organischen Fehler litte. Und dieser ist, wie schon früher ausgeführt, die Unmöglichkeit, den Lichtbogen nach Belieben zu reguliren und dessen ausserordentlich hohe Temperatur herabzusetzen.

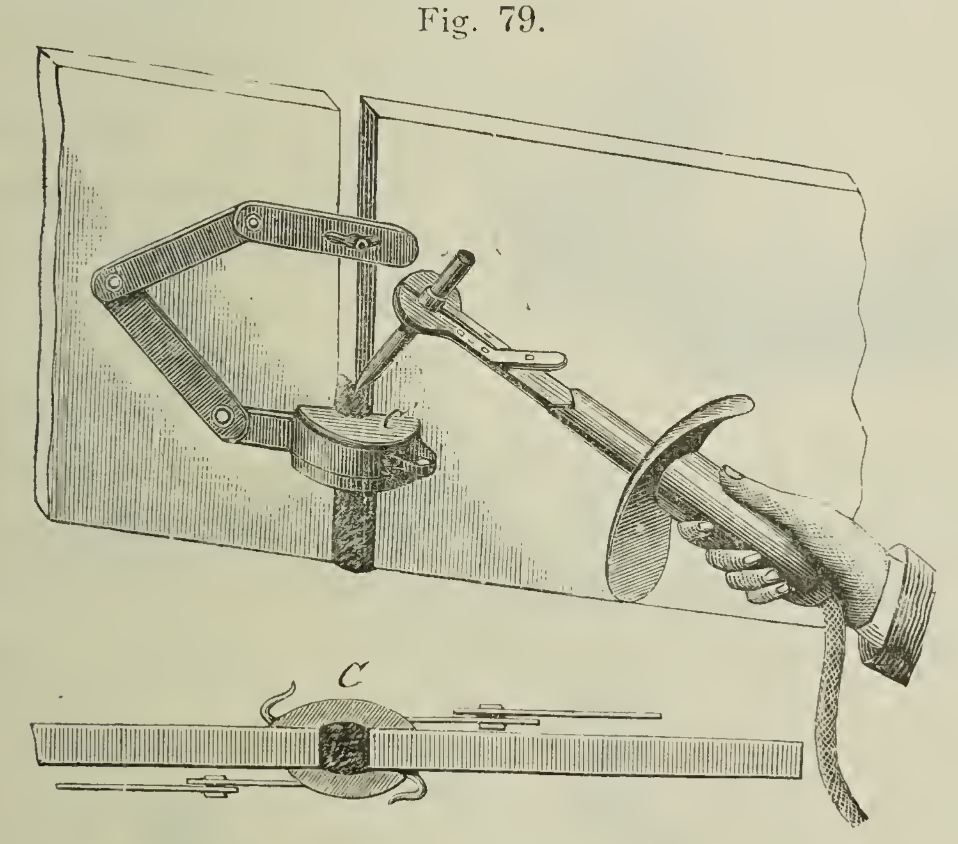
---

*) Es sind auch Schmelzapparate bis zu fünfzig Pferdekräften Capacität gebaut worden, doch sind selbe nicht in praktischen Gebrauch gekommen.

Ein Versuch zu dieser Regulirung ist gemacht worden durch das Verfahren, den Lichtbogen mit Hilfe eines Elektromagneten abzulenken und wie eine Stichflamme zu verwenden. Wir werden später auf dieses Verfahren zurückkommen.

Fig. 79 stellt das Benardos'sche Verfahren zur Zusammenschmelzung zweier aufrecht stehender Platten

Fig. 79.



dar. *C C'* sind Graphit- oder Kohlenblöcke, welche das schmelzende Metall zurückhalten; dieselben werden, je nach dem Fortschreiten der Schweissung, nach aufwärts geschoben.

Fig. 80 ist eine Excenterschale aus Gusseisen, welche mit einem Hammer in *a* gebrochen und dann mit kleinen Stücken Walzeisen wieder zusammengefügt wurde. Hiebei wurde thonhaltiger Sand als Flussmittel benützt.

Fig. 81 zeigen End-an-End- und Flach-Zusammenschmelzungen von Blechen.

Fig. 82 zeigt die Zusammenschmelzung und Vernietung von zwei Platten.

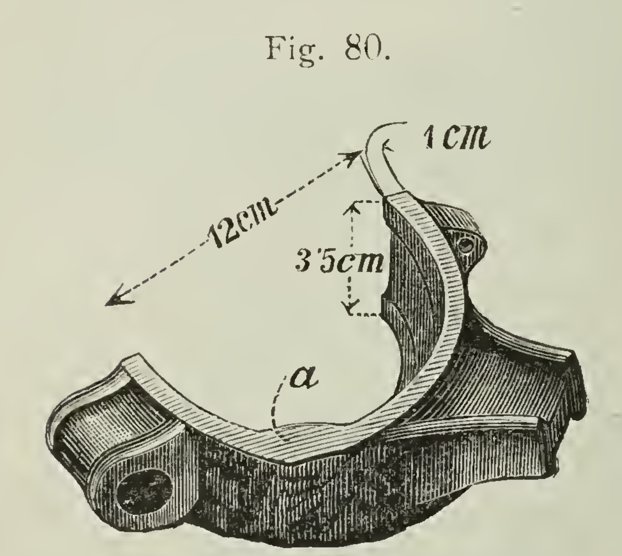
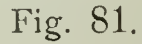
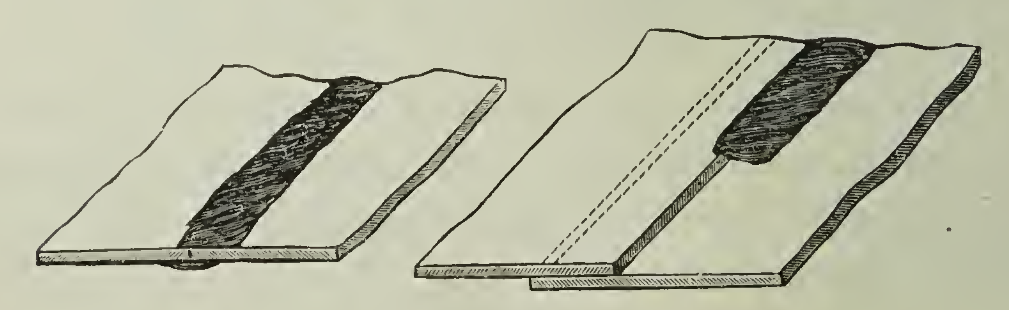


Fig. 80.

Fig. 83 stellt eine sogenannte halbe Vernietung dar. Die obere Platte ist durchbohrt und wird in dem Loche durch Hinzufügung eines Eisenstückes eine Art Niete von geschmolzenem Metall hergestellt, welches im Schmelzen das Loch ausfüllt. (Siehe Seite 195.)

Fig. 84 zeigt das Schmelzwerkzeug. Der Kohlenstift *M* befindet sich in einer Klemme *BC*, aus welcher er leicht entfernt werden kann. *K* ist die Handhabe. Der vom positiven Pol kommende bewegliche Draht


Fig. 81.



wird in *RN* festgeschraubt. *a* ist eine Scheibe, welche die Hand des Arbeiters schützen soll.

Auf Seite 134 und 135 geben wir die aus vier uns über das Benardos'sche Verfahren vorliegenden Berichten

Fig. 82.

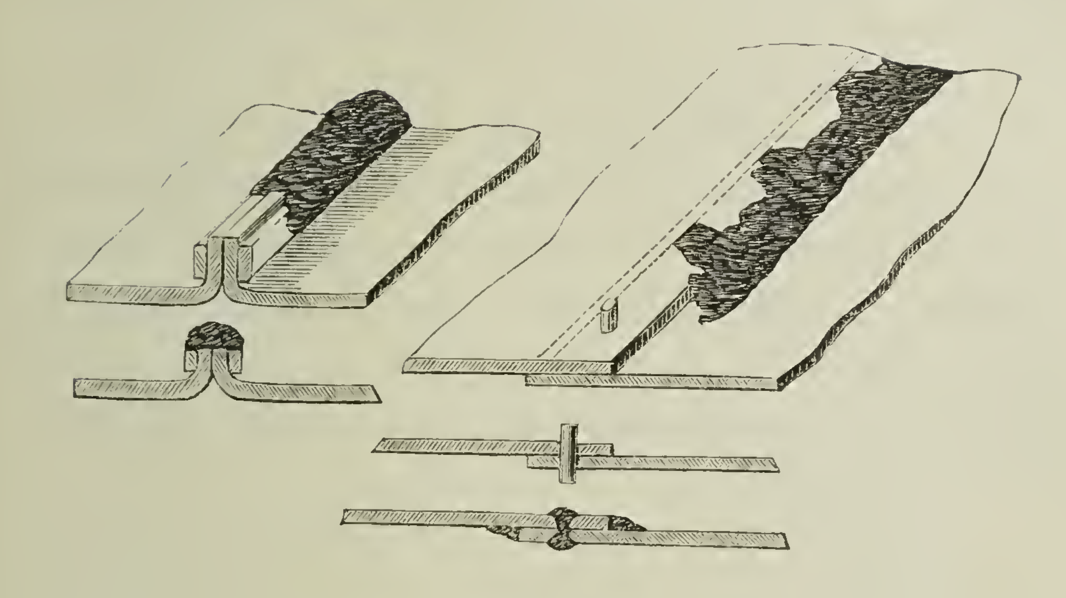


Fig. 83.

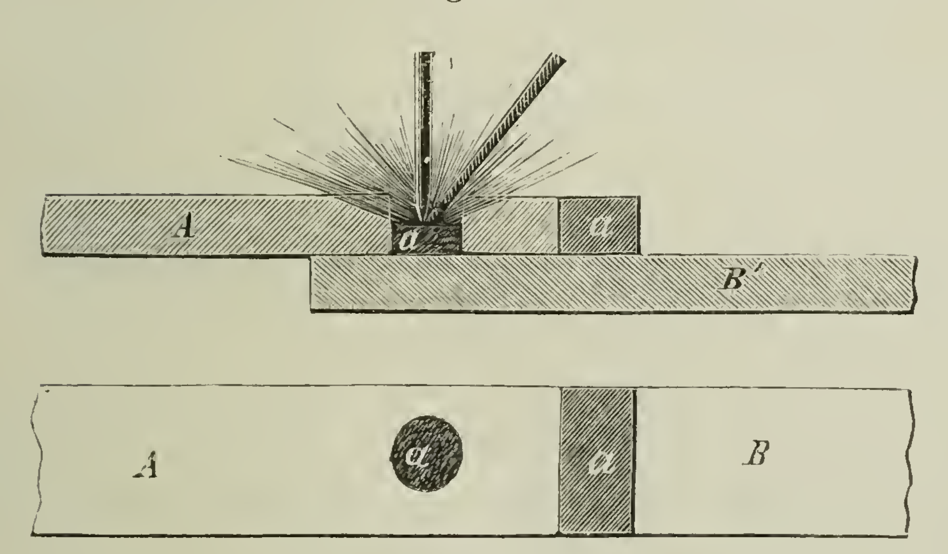
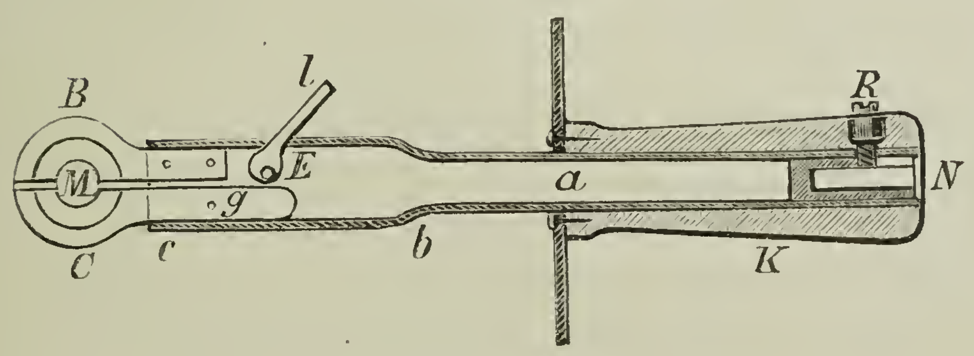


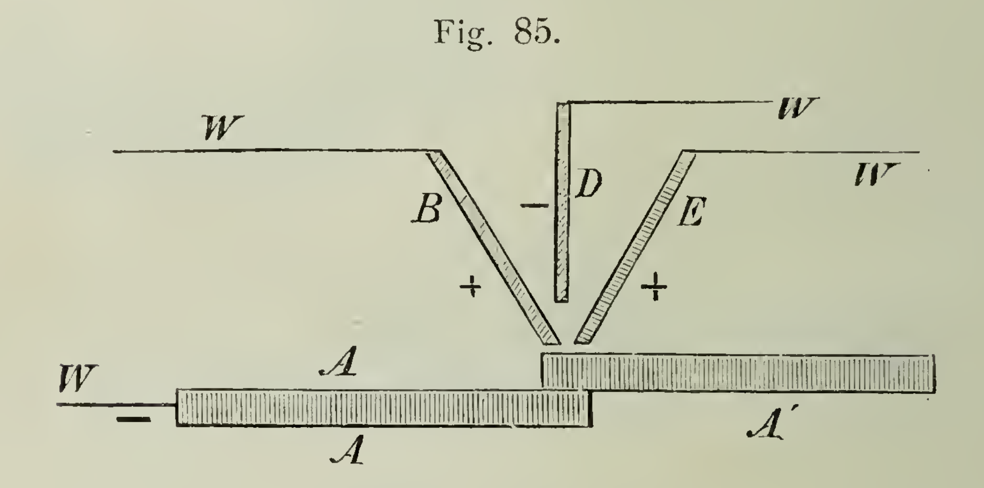
Fig. 84.



ersichtlichen Resultate. (Siehe über weitere Versuche mit dem Benardos'schen Verfahren das Capitel: »Verschiedene Anwendungen«.

Das Benardos'sche Verfahren wurde nicht nur zur Aneinanderfügung von Werkstücken, sondern auch zur Durchlöcherung derselben verwendet. Ein hiezu dienender Apparat war mit einem Arm versehen, welcher einen Kohlenstab trug. Der letztere wurde auf das Werkstück aufgesetzt und brannte sozusagen in dasselbe ein Loch.*)

Fig. 85.



Coffin hat sich ebenfalls mit dem Benardos'schen Verfahren befasst und mehrere Veränderungen an demselben vorgenommen. Eine derselben besteht in der Anwendung von drei Kohlenstiften, welche mit den Arbeitsstücken einen combinirten Lichtbogen bilden (Fig. 85). *A A*¹ sind die Arbeitsstücke, *W W* die stromzuführenden Leiter, *B D E* die Kohlenstifte.**)

*) Lumière Electrique XXXIV Nr. 51. — Electrical World vom 9. Juli 1887.

**) Amerik. Patent Nr. 401.639 dated April 16, 1889, Appl. fil. Sept. 18, 1888. Siehe auch amerik. Patent des Benardos und

Das elektrische Löthrohr oder Blaselampe.

Dass das sogenannte elektrische Löthrohr von Benardos und Olszewski zuerst industriell angewendet wurde, wird von Dr. Rühlmann*) durch den Hinweis auf den Wortlaut einer französischen Patentbeschreibung (Nr. 171.596 vom 10. October 1885)**) zu beweisen versucht. In derselben heisst es ungefähr folgendermassen:

»Fig. 86 stellt einen Apparat dar, der dazu bestimmt ist, Körper zu schmelzen und zu löthen und dem wir den Namen elektrischer Löther geben. Die Abbildung zeigt den Apparat in einem Zeitpunkte, zu welchem der Strom nicht durch denselben hindurchgeht. Der wesentliche Theil des Apparates besteht aus zwei Kohlenspitzen, von denen jede in einem besonderen Halter befestigt ist. Jeder dieser Halter ist um eine Axe beweglich; die Axe ruht auf einem Arme eines gabelförmigen Trägers. Die oberen Enden der Halter sind mit Röllchen versehen und werden durch zwei Druckfedern gegeneinander gepresst, jedoch durch eine dazwischen befindliche, in einen Conus auslaufende Stange

---

Olszewski Nr. 363.320 vom 17. Mai 1887. Siehe ferner »Electricity in Welding and metal-working. By A. B. Wood, Detroit, Mich. — Transactions of the American Institute of Mining Engineers, Cleveland, Meeting June, 1891. — Das hier beschriebene Verfahren soll vornehmlich bei Zusammenschmelzen von dicken Achsen angewendet werden.

*) Elektrotechnische Zeitschrift 1890, Heft 49. — Electrical World vom 9. Juli 1887.

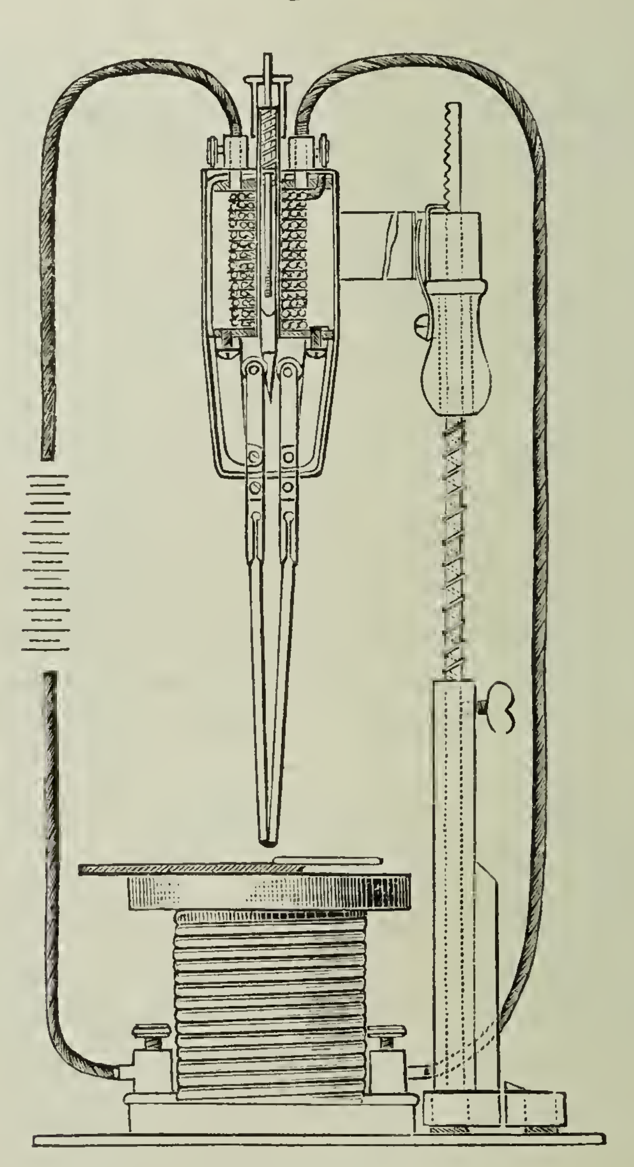
**) Description des Machines et Procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le Régime de la Loi du 5 Juillet 1844. Année 1885. Band LV.

	Rostow am Don Wladikawkaz-Bahn October 1890
1. Beginn der Arbeit	Im Jahre 1880
2. Kosten der Installation	Unbekannt
3. Art der verwendeten Dynamomaschine	Nebenschluss 80 V., 70 A
4. Anzahl der verwendeten Accumulatoren	240 Zellen
5. Zeit der Ladung der Accumulatoren	Nach Bedarf
6. Art der Schaltung der Accumulatoren	3 Serien à 80 Zellen
7. Bleigewicht einer Zelle	11 Kilogramm
8. Anzahl d. Stunden fortdauernder Arbeit	Unbekannt
9. Anzahl der Löther (Arbeiter) . . .	Einer
10. Anzahl der Arbeiter, welche zu gleicher Zeit arbeiten können	Einer
11. Einfluss des Verfahrens auf die Gesundheit der Arbeiter	Ein wenig Augenleiden im Anfang
12. Art der bearbeiteten Metalle	Eisen und Stahl.
13. Art der bearbeiteten Gegenstände .	Schienen, Reservoire für Westinghouse-Bremsen, Schieberrahmen, Kreuzkopf u. s. w.
14. Bemerkungen, welche an den Werkstücken gemacht werden können . .	Blasen, Unregelmässigkeit
15. Meinung der Werkstätten - Leitung über das Verfahren	Unzufrieden

Woronesch (Koslow-Woronesch-Rostow-E. October 1890.	Eisenwerk Kolomna October 1890	Roslavel Orel-Vitebsk-Eisenbahn October 1890
Ende 1887	Januar 1888	Juli 1887.
700 Rubel ohne Motor	10.000 Rub ohne Motor	11.000 Rubel.
Nebenschluss 100 V., 75 A	Nebenschluss 120 V., 125 A	Nebenschluss, 180 V., 100 A.
350 Zellen	500 Zellen	300 Zellen.
Während der Arbeit 6 Serien à 55 Zellen	Während der Arbeit 10 Serien à 50 Zellen	Während der Arbeit. 7 Serien à 50 Zellen.
11 Kilogramm	14 Kilogramm	10 Kilogramm.
6 Stunden im Tage	7 Stunden im Tage	11 Stunden im Tage.
Vier	Vier	Sechs.
Einer	Zwei	Einer
Klagen über Augenleiden im Anfang	Augenleiden im Anfang	Die Arbeiter litten im Anfang an den Augen.
Eisen und Stahl.	Eisen und Stahl.	Eisen, Stahl, Kupfer, und Roheisen.
Kranz von Tenderrädern, Schieberrahmen, Rauchventile, Büchsen mit abgenützten Rändern, Regulatorgriffe, Pufferplatten u. s. w.	Naphta - Cisternen	Herzstücke mit Flügelschienen, Schieberrahmen, Locomotivkessel, -Räder, -Schieber, Schieberrahmen, Kreuzkopf, Axen, Kronsteine, Gitter, Rauchventile u. s. w.
Unregelmässigkeiten, Blasen	Unregelmässigkeiten, Blasen	Unregelmässigkeiten beseitigt.
Zufrieden	Im Ganzen zufrieden	Sehr zufrieden.

auseinander gehalten. Die gezeichnete Stellung ist die des Apparates in Ruhe, die beiden Enden der Kohlenstäbe berühren sich. Die in einen Conus endende Stange

Fig. 86.



ist an dem beweglichen Kerne eines Elektromagneten befestigt, und wird für gewöhnlich durch eine Feder in der durch die Abbildung zur Anschauung gebrachten Lage erhalten. Die Windungen des oberen Solenoïdes und die Windungen eines Elektromagneten, dessen

Oberfläche gleichzeitig als Arbeitstisch dient, werden in den Stromkreis eingeschaltet. Der Kern wird nach der Mitte des Solenoïdes angezogen, sobald ein genügend kräftiger Strom die Windungen durchläuft. Die conische Stange geht alsdann in die Höhe, die oberen Enden der Halter nähern sich und veranlassen das Auseinandergehen der Kohlenspitzen, zwischen welchen nunmehr der Lichtbogen entsteht.

»Da gleichzeitig der Strom auch die Windungen des unterhalb der Kohlenspitzen befindlichen Elektromagneten durchfliesst, wird der Lichtbogen nach dem auf dem Arbeitstisch befindlichen Gegenstande hin abgelenkt. Der Apparat ist so eingerichtet, dass man den Lichtbogen dem Arbeitstisch nähern oder von ihm entfernen und dadurch seine Wirkung verstärken oder abschwächen kann. Je nach Bedarf kann der Apparat auch in verschiedenen Richtungen gebraucht werden.

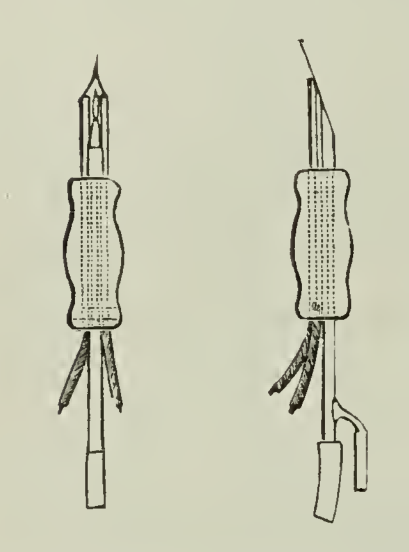
»Diese Vorrichtung ohne Elektromagnet und in umgekehrtem Sinn gebraucht, kann als elektrische Lampe dienen, die sich selbst anzündet, selbstthätig regulirt und dann für Beleuchtungszwecke Verwendung finden kann.

»Man kann den Apparat benützen, um leichtflüssige Metalle zu löthen, sowie auch um die Oberfläche der durch andere Apparate erzeugten elektrischen Löthungen zu glätten.

»Man kann auch ähnliche, aber einfachere Apparate herstellen, bei welchen der Support wegfällt und die Entfernung und Annäherung der Kohlenspitzen von der Hand mit Hilfe eines in dem Griffe enthaltenen Hebels geschieht. Aehnliche Apparate können auch

mit einem Löthrohr verbunden werden, durch welches man ein Gas oder Gasgemisch durch eine oder mehrere Röhren zuführt. Es wird alsdann mit dem Lichtbogen in einem Gasstrom gelöthet und dadurch die Wirkung verstärkt. Führt man überdies mit dem Gasstrom suspendirten Kohlenstaub zu, so wird das Gas ein besserer Leiter für Elektricität. Die Länge des Bogens wird vergrössert und die Temperatur desselben kann auf solche Weise geregelt werden.

Fig. 87. Fig. 88.



»Auch kann man den Kohlenstaub durch andere Substanzen ersetzen, welche entweder durch ihre Verbrennung dazu dienen, die Temperatur zu erhöhen, oder welche dazu bestimmt sind, sich mit der Substanz, welche geschmolzen wird, zu vermischen. Diese Vorrichtungen sind in Fig. 87 und 88 dargestellt, und zwar in ihrer einfachsten Form; sie können aber auch mit einem der vorerwähnten Apparate verbunden oder mit einem beweglichen Träger versehen werden.«

Die Priorität der Erfindung eines elektrischen Löthrohres, welche für Benardos in Anspruch genommen wird, hat Uppenborn *) bestritten. Die Ablenkung des Lichtbogens durch magnetische Kräfte wurde schon von Davy im Jahre 1820 constatirt und später von Quet studirt. Die Verwendung des magnetisch abgelenkten Lichtbogens als Löthlampe wird

*) Elektrotechn. Zeitschrift 1890, Heft 49.

etwa bis zum Jahre 1842 zurück datirt.*) Demnach könnte es sich jetzt nur noch um praktische Constructionen handeln, während das Princip der magnetischen Blaslampe an sich alt ist.

Uppenborn meint, dass Benardos mit seiner Anordnung eine Gebläsewirkung überhaupt nicht, sondern ganz etwas anderes beabsichtigt hat. Ueber die Wirkung des magnetischen Feldes spricht sich Benardos nämlich folgendermassen aus: »Bei der Beobachtung der betreffenden Versuche war ein sehr wichtiger Einfluss des Elektromagneten nicht nur auf den Lichtbogen, sondern auch auf das geschmolzene Metall bemerkbar. Der Lichtbogen wirkt vollkommen ruhig, concentrirt, wird nicht zur Seite abgelenkt und nicht unterbrochen. In Folge der concentrirten Wirkung des Lichtbogens schmilzt das Metall bedeutend energischer, rascher und gleichmässiger. Die Ununterbrochenheit des Lichtbogens ermöglicht dem Arbeiter eine bessere Handhabung desselben. Beim Gebrauch eines Elektromagneten wirft das Metall nur wenig Blasen, wird bedeutend flüssiger und die Oberfläche der Schweissung ist um Vieles glätter als bei der Arbeit auf einem gewöhnlichen Ambos.«

Es gehe hieraus hervor, sagt Uppenborn, dass der Erfinder überhaupt kein »magnetisches Gebläse« beabsichtigt habe. Er sehe in der Benardos'schen Anordnung blos die Verwendung eines magnetischen

---

*) Ein auf die Durchbohrung harter Massen berechnetes Gebläse wurde Werdermann im Jahre 1874 patentirt. Auch in Jamin's Bogenlampe ist die ablenkende Wirkung eines Elektromagneten auf den Lichtbogen angewendet.

Feldes, um den Lichtbogen stetiger zu machen oder ihn auf das Arbeitsstück zu lenken. Man kann über diesen Punkt recht wohl verschiedener Meinung sein. Wir verstehen unter »magnetischem« Gebläse jede Vorrichtung, bei welcher dem Lichtbogen ein kräftiger Magnetpol genähert wird, wodurch der Lichtbogen zur Seite geblasen wird und eine spitze Gestalt annimmt, ähnlich wie die Stichflamme einer Blaselampe. Jedenfalls war Benardos der Erste, welcher an die industrielle Verwendung des magnetischen Gebläses als Löthwerkzeug dachte.

Industrielle Apparate dieser Gattung sind von Coffin herzustellen versucht worden. Fig. 89 (nach einer Photographie) stellt einen Schweissapparat im Betriebe dar.*) Wie ersichtlich, dient derselbe zum Zusammenschmelzen von eisernen Ringen. Die Kohlenstifte befinden sich in zwei convergirenden Haltern; durch die Einwirkung eines Elektromagnets wird der Lichtbogen wie eine Blasrohrflamme nach unten geblasen. Ausserdem ist in der Figur eine einfache Vorrichtung zum Festhalten der Arbeitsstücke dargestellt. Der Mechanismus zum Reguliren des Lichtbogens und des Stromes ist in einem Kasten enthalten, welcher an einem Schlitten befestigt ist, der mit Hilfe eines Hebels, entgegen der Wirkung einer Spiralfeder, nach abwärts gedrückt werden kann.

Der unter der Tischplatte an der linken Seite der Figur angebrachte Regulator dient zur Verlängerung oder Verkürzung des Lichtbogens, während das Entfernen und Nähern der Magnete ebenfalls zur Regu-

*) Electrical World, XVI Nr. 8, August 23, 1890. Siehe auch Elektrotechnische Zeitschrift 1890, Heft 42.

lirung der Kraft des magnetischen Gebläses dient. Die Klemmen der Einspannvorrichtung (anvil clutches) können ausgewechselt und durch andere ersetzt werden, je nachdem gerade, gebogene oder unregelmässig gestaltete Stücke bearbeitet werden sollen.



Fig. 89.

In Fig. 90 ist ein einfacher tragbarer Schweissapparat dargestellt, der sich für leichtere Metallarbeiten, wie solche bei Klempnern, Bleilöthern u. s. w. vor-

kommen, eignen soll. Das Gestell ist auf isolirten Rollen montirt und trägt den Regulirapparat.

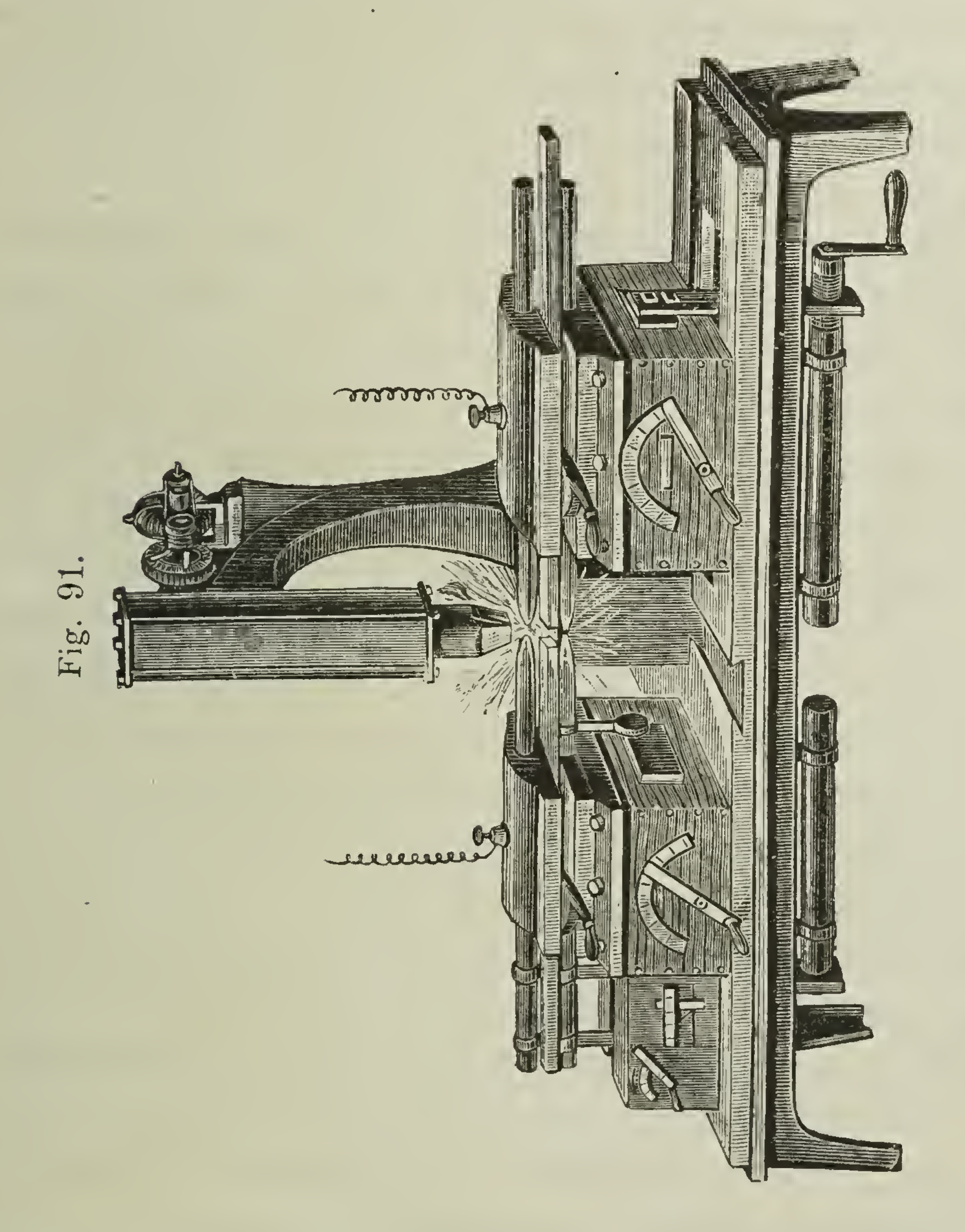
Das magnetische Gebläse kann sowohl durch Regulirung der Stromstärke, als auch durch Heben und Senken des mit Gewinde versehenen Eisenkerns

Fig. 90.



der Spule bewirkt werden. An dem Apparat ist eine Scala angebracht, deren Theilung den verschiedenen zu bearbeitenden Metallstärken entspricht. Durch Verstellen eines Index auf dieser Scala kann man den Strom so reguliren, dass er genau für die Metallstärke passt. Für specielle Zwecke wird mit dem elektrischen auch ein Luftgebläse verbunden.

In Fig. 91 ist eine abgeänderte Form des Schweissapparates dargestellt, welche angeblich gestattet, das zu bearbeitende Material auf dreierlei Art zu erhitzen,


Fig. 91.

nämlich einmal, indem die zusammenzufügenden Stücke mit einander in Berührung gebracht werden und durch die Berührungstelle ein starker Strom hindurchgeschickt wird, sodann mit Hilfe des Lichtbogens, und endlich mit beiden zugleich. Die Arbeitsstücke werden durch

Klammern festgehalten. Sobald der Arbeiter den Stromkreis schliesst, wird der Lichtbogen zwischen zwei Kohlenstäben gebildet, welche sich unter- und oberhalb des Arbeitsstückes befinden. Ist die Temperatur genügend zum Schweissen, so wird der an der linken Seite des Apparates sichtbare kleine Stromschlüssel auf den nächsten Contact gedreht.

Hiedurch werden die Kohlenelektroden und der links befindliche Regulirapparat aus dem Stromkreise ausgeschaltet und die Elektromagnete, welche in dem die Spannvorrichtungen tragenden Gehäuse eingeschlossen sind, mit Strom versehen. Zu gleicher Zeit werden durch einen Mechanismus die zwei Kohlenpaare zurückgezogen; die beiden Elektromagnete ziehen sich gegenseitig an und drücken dadurch die Arbeitsstücke gegen einander. Durch Veränderung der Stärke der Magnetisirung kann der Druck und dadurch auch die Temperatur der Berührungsstelle beliebig regulirt werden. Der rechtsseitige Elektromagnet ist mit verschiedenen Abtheilungen oder besonderen Spulen ausgerüstet, von denen eine grössere oder geringere Anzahl durch den Stromschlüssel eingeschaltet werden kann. Auf diese Weise kann die Stärke der Magnetisirung regulirt werden.

Nachdem durch weitere Verschiebung des kleinen Stromschlüssels genügender Druck zwischen den Arbeitsstücken hergestellt ist, kann auch ein kleiner elektrischer Hammer in Thätigkeit gesetzt werden. Zuerst schiebt sich der Ambos unter das Arbeitsstück; sodann wird der Hammer durch einen kleinen Elektromotor automatisch bewegt. In der Figur ist eine Einrichtung dargestellt, ähnlich dem seinerzeit von Deprez an-

gegebenen elektrischen Hammer, bestehend aus einer Spule mit vielen Abtheilungen, welche durch eine kleine, von dem Elektromotor bewegte Schaltvorrichtung aus- und eingeschaltet werden und dadurch einen in der Spule beweglichen Eisenkern auf- und abwärts bewegen. Die Stärke der Schläge und die Anzahl derselben per Secunde kann regulirt werden. Ist das Material genügend gehämmert, so unterbricht man den Stromkreis des Solenoïds und zieht den Ambos zurück, wodurch der Elektromotor ausgeschaltet wird.

Dr. H. Zerener lässt sich über die von ihm erfundenen Apparate folgendermassen aus: »Mit Hilfe der Apparate kann eine beliebige Temperatur auf dreierlei Weise erhalten und benützt werden, nämlich durch Veränderung der Arbeitsstromstärke, durch Veränderung der Grösse der abzulenkenden magnetischen Kräfte und durch Veränderung der Stellung der wärmestrahlenden Fläche zum Objecte. Demgemäss unterscheidet man auch an diesen Apparaten deutlich drei Haupttheile: 1. den automatischen Stromregulator, welcher den Lichtbogen in erforderlicher Weise bildet, 2. den magnetischen Apparat und 3. Vorrichtungen, welche gestatten, die Wärmequelle dem zu erwärmenden Object zu nähern oder sie von ihm zu entfernen.

In Fig. 92 ist, in schematischer Weise, ein derartiger Apparat abgebildet; *A* ist der automatische Regulator, der durch die Vibrationen eines Magnetankers *B* eine Spindel *C* dreht, welche nicht nur die Regulirung des Lichtbogens *D* übernimmt, sondern auch den magnetischen Apparat *E* in einer dem Abbrand der Kohlen entsprechenden Weise fortbewegt

und dadurch bewirkt, dass die Stellung der magnetischen Felder zum Lichtbogen stets gleich bleibt. Für gewisse

Fig. 92.

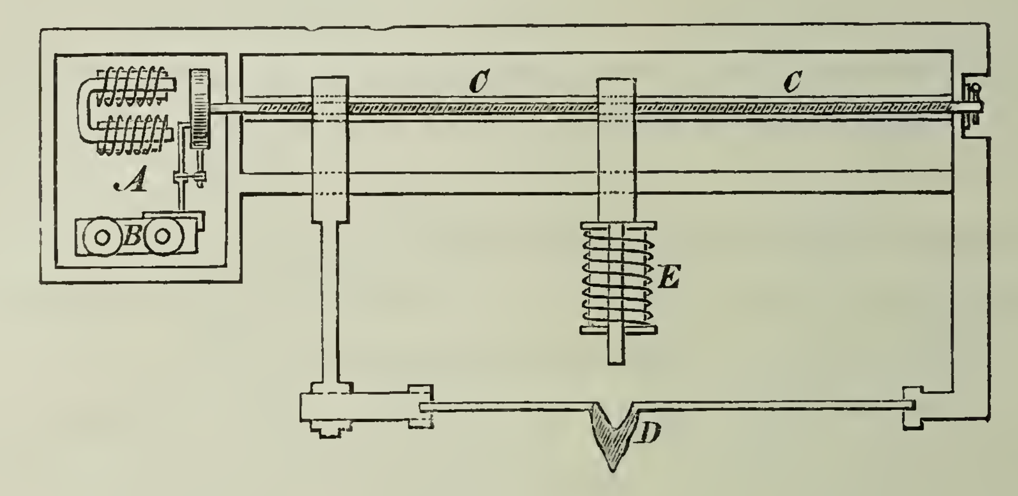
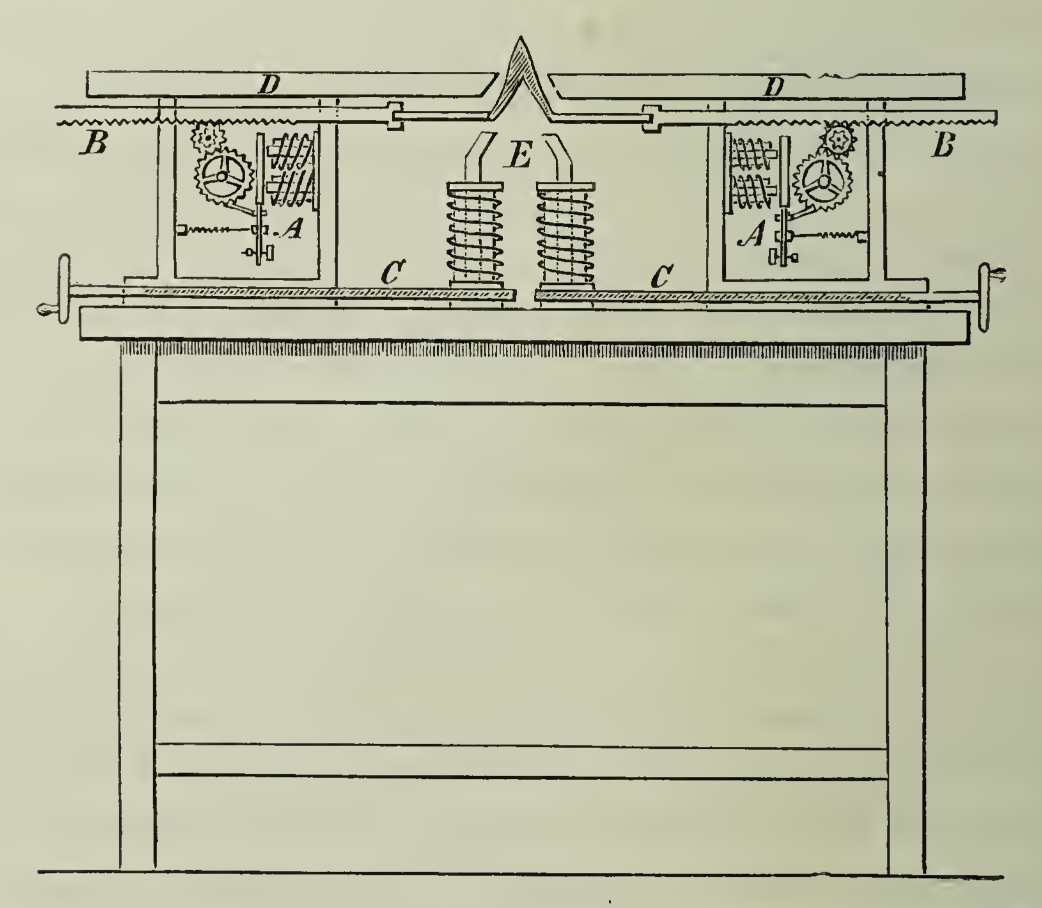


Fig. 93.



Arbeiten ist es jedoch hinderlich, dass sich hierbei der Lichtbogen nach und nach in gerader Richtung

fortbewegt; für diese wurde der in Fig. 93 ebenfalls schematisch dargestellte Apparat verwendet, bei dem

Fig. 94.

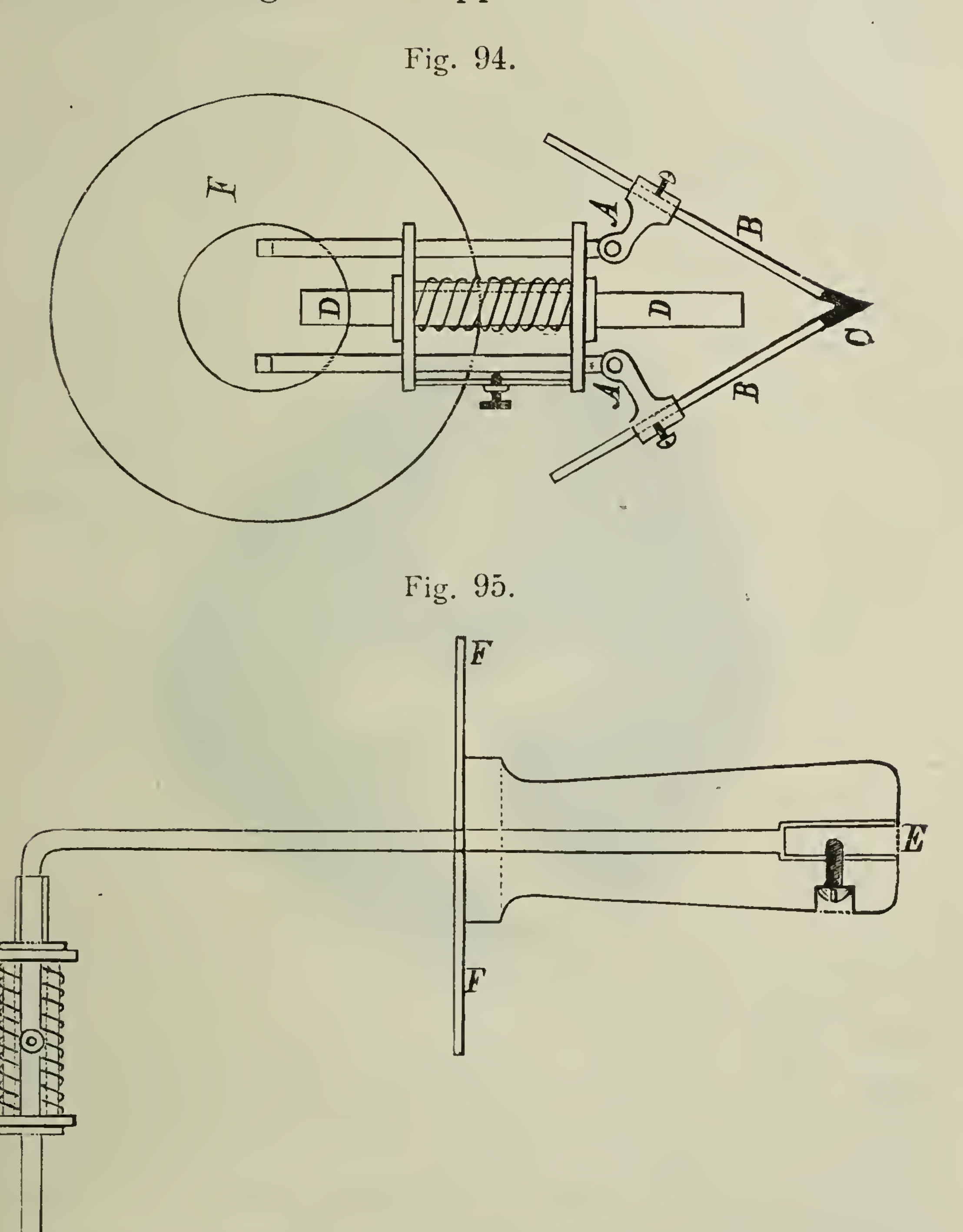
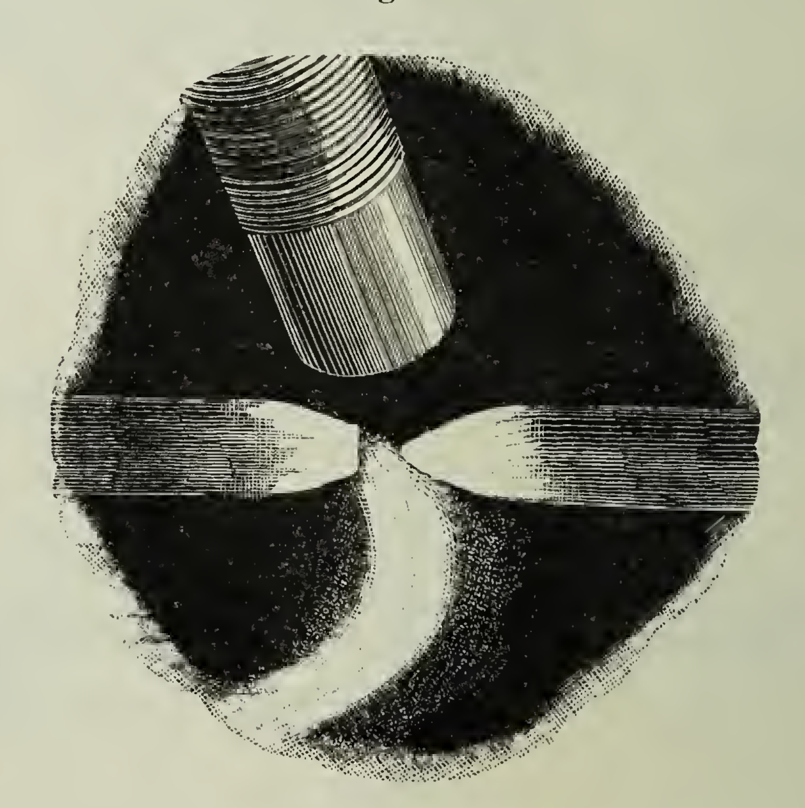


Fig. 95.

der Lichtbogen seine Stellung unverändert beibehält. *A* ist wieder der automatische Regulator, *B* sind zwei die Kohlen tragende Zahnstangen, *C* ist der Lichtbogen, *D* eine bewegliche Arbeitsplatte, endlich *E* der

magnetische Apparat. Fig. 94 und 95 stellen einen Handapparat dar, der nicht nur für kleinere Arbeiten, sondern hauptsächlich an schwer zugänglichen Stellen mit Vortheil verwendet werden könnte. Auch an ihm unterscheidet man leicht den Regulator *A*, die beiden Kohlen *B*, den Lichtbogen *C* und das veränderliche

Fig. 96.



magnetische Feld *D*; bei *E* tritt der Strom ein, speist durch einen kleinen Zweigstrom die Magnete und bildet bei *C* den Lichtbogen. *F* ist ein die Hand des Arbeiters schützendes Blech. Die Stellung der Kohlen und die Form und Stellung der Magnete kann verschiedenartig gewählt werden und z. B. die Stellung der Kohlenelektroden, bei Anwendung von Wechselströmen und Polwechsel der magnetischen Beeinflussung, eine parallele sein.«

Wie weit die Hoffnungen gingen, welche auf das elektrische Blasrohr gegründet wurden, beweist ein Artikel des »Scientific American« vom Jahre 1889, in welchem gesagt wird, dass allüberall, wo sich eine Bogenlampe befinde, mit Leichtigkeit ein elektrisches Schweissverfahren etablirt werden könnte.*) Hiezu genüge es, einen starken verschiebbaren Elektromagneten in der Nähe der Bogenlampe anzubringen. Beistehende Fig. 96 veranschaulicht die Wirkung des Elektromagneten. So einfach ist die Sache denn doch nicht, wie überhaupt der industrielle Werth des elektrischen Blasrohres vielfach angezweifelt wird.**)

Zu erwähnen wäre noch das elektrische Gebläse von Rogerson, Statter und Stevenson, welches in Verbindung mit einem Tiegel zur Schmelzung von Metallen angewendet wird.***)

---

*) Coffin versichert uns: »My system can be run on any existing light-or power-circuit, either arc or incandescent, continous or alternating current.« In der That sind in Amerika schon mehrere Schmelzapparate im Betrieb, welche den nöthigen Strom von einer elektrischen Centralstation erhalten.

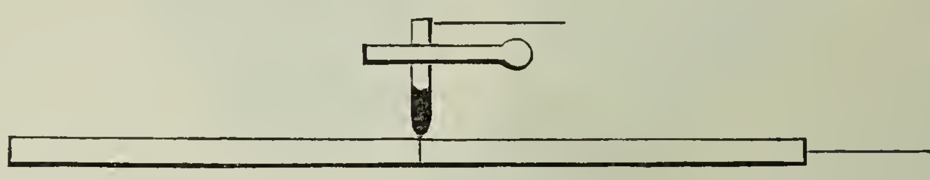
**) Der Lichtbogen hat, wenn er sich in einem starken magnetischen Felde befindet, noch eine andere Eigenthümlichkeit. Es ist bekannt, dass, wenn ein Stromkreis geöffnet wird, sich der sogenannte Unterbrechungsfunke bildet. Dieser ist verhältnissmässig klein. Findet aber die Unterbrechung in einem starken magnetischen Felde statt, so wird der Funke sehr lang. Es kann daher das magnetische Feld auch zur Regelung der Länge eines Lichtbogens benützt werden.

***) Lumière Electrique, XXVII, 1888, Nr. 4.

Das Löthverfahren.

Das Löthen mit hartem Lothe ist durch das elektrische Schweiss- und Schmelzverfahren beinahe vollkommen ersetzt worden Jeder elektrische Schweissapparat kann zum Hartlöthen verwendet werden, wobei derselbe die Erhitzung der Löthstelle, welche sonst durch Feuer, Gasgebläse u. s. w. stattfand, mittelst des elektrischen Stromes vollbringt. — Natürlich wird der Apparat nur dort zu Hartlöthungen verwendet, wo ein einfaches Schweissen oder Zusammenstauchen nicht angewendet werden kann. In allen übrigen Fällen

Fig. 97.



wird man das Hartloth ersparen und die erhitzten Arbeitsstücke durch Zusammenpressen, -Hämmern oder -Drehen mit einander vereinigen oder mittelst des Lichtbogens zusammenschmelzen.

Uebrigens ist ja auch in neuerer Zeit beim gewöhnlichen Handwerksbetriebe das Löthen ohne Loth sehr in Aufnahme gekommen und wurde dasselbe auf die Weise vorgenommen, dass man die Metalle mit einem Löthmittel versah und die Berührungsstellen zusammenschmolz. Nachdem dies aber nicht im freien Feuer geschehen kann, weil sonst die Schmelzung der

ganzen Metallmasse eintreten müsste, nahm man diese Art der Löthung nur unter Anwendung besonderer Apparate vor, welche gestatteten, die Löthstelle so stark zu erhitzen, dass das Schmelzen der Metalle und die Vereinigung derselben zu einem Stück erfolgt. Unter gewissen Umständen kann man das Schmelzen sogar ohne Löthmittel ausführen und ist dies z. B. bei Anwendung eines Knallgasgebläses möglich.*)

Was die Weichlöthung anbelangt, so wird dieselbe in manchen Fällen ebenfalls vortheilhaft durch das elektrische Schweiss- und Schmelzverfahren ersetzt. Man kann aber nicht sagen, dass das letztere den Handwerks-Löthkolben gänzlich verdrängen könne. Beweis hiefür sind die unten beschriebenen elektrischen Lötheisen, welche an der alten üblichen Form wenig geändert haben. Anstatt dass die elektrischen Werkzeuge aus einem vollen Kupferstück bestehen, haben sie im Innern eine Aushöhlung, die zur Aufnahme eines elektrischen Widerstandes dient, welcher durch den Strom ins Glühen gebracht wird und seine Wärme an den Kolben abgiebt. Natürlich fallen die Löthöfen fort und hierin besteht der grosse Vorzug des elektrischen Verfahrens vor den anderen.

Russel Robb vereinigt die Arbeitsstücke dergestalt, dass er zwischen die beiden zu vereinigenden Stücke leichtflüssiges Loth bringt, welches durch den elektrischen Strom nahezu in Fluss gebracht wird. Durch Zusammenpressung der Arbeitsstücke schmiegt sich das

*) Siehe »Das Löthen und die Bearbeitung der Metalle.« Von Edmund Schlosser. A. Hartleben's Verlag. Band LXXIII der Chemisch-Technischen Bibliothek.

weiche Loth allen Unregelmässigkeiten in der Oberfläche der Arbeitsstücke an und vereinigt dieselben.*)

Charles Coffin hat sich einen Vorgang patentiren lassen, in welchem ein Löthstift aus leichtflüssigem Metall mit dem einen Pole der Elektricitätsquelle verbunden ist. Der andere Pol ist mit den zu löthenden aus härterem Metall bestehenden Arbeitsstücken verbunden. Der Contact zwischen Stift und Arbeitsstück macht den ersteren schmelzen und das abtropfende Metall vollbringt die Löthung.**) (Fig. 97.)

Einen Loth-Schmelzapparat hat ebenfalls Coffin ausgedacht. Derselbe besteht (Fig. 98) aus zwei Kohlen *CC*, zwischen welchen ein elektrischer Lichtbogen hergestellt wird. Zwischen den Kohlen befindet sich ein Stift *D* aus Loth, welcher durch *I* gleitet Das ins Schmelzen gerathende Loth träufelt direct auf die zu verbindenden Bleche. Der Apparat *A* ist auf isolirten Rollen *E* montirt und kann mittelst der Handhabe *F* hin- und herbewegt werden. Der Strom wird in *GH* zugeführt.

Ein ähnlicher Apparat Coffin's ist in Fig. 99 dargestellt. Der Lothstift ist hier durch einen Draht aus leichtflüssigem Metall ersetzt, welcher sich von der Spule *L* abrollt und durch den Lichtbogen zum Schmelzen gebracht wird.

In anderen Apparaten ist der Lothstift ersetzt: durch einen hohlen Kohlenstift, in welchem sich das

---

*) Amerik. Patent Nr. 434.468. Siehe betreffs eines ähnlichen Verfahrens das amerik. Patent Nr. 456.541 dated July 21, 1891, appl. fil. ed Dec. 9, 1889, ertheilt an S. Lloyd Wiegand in Philadelphia

**) Amerik. Patent Nr. 395.878. Appl. fil. Sept. 18, 1888.

Fig. 98.

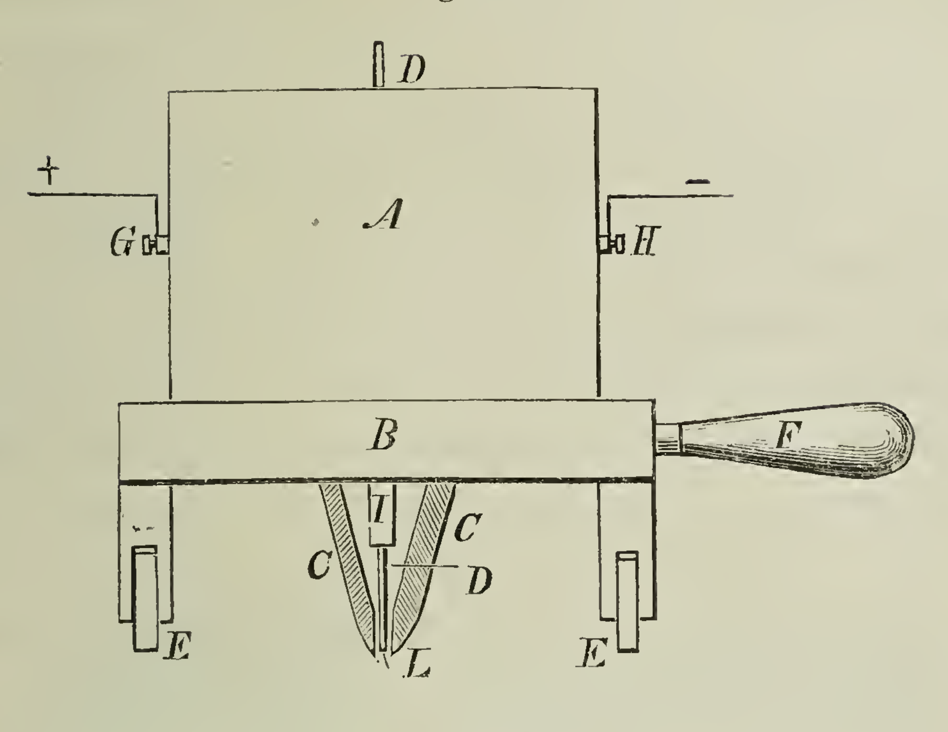


Fig. 99.

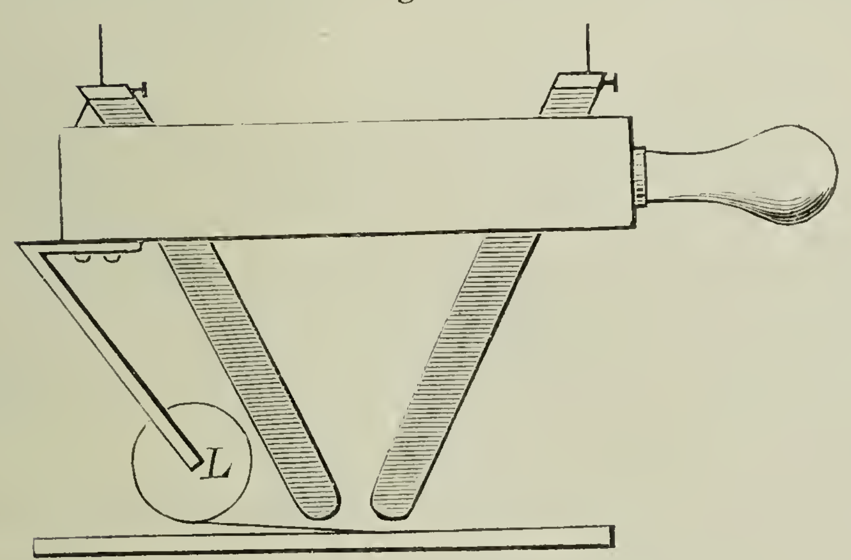
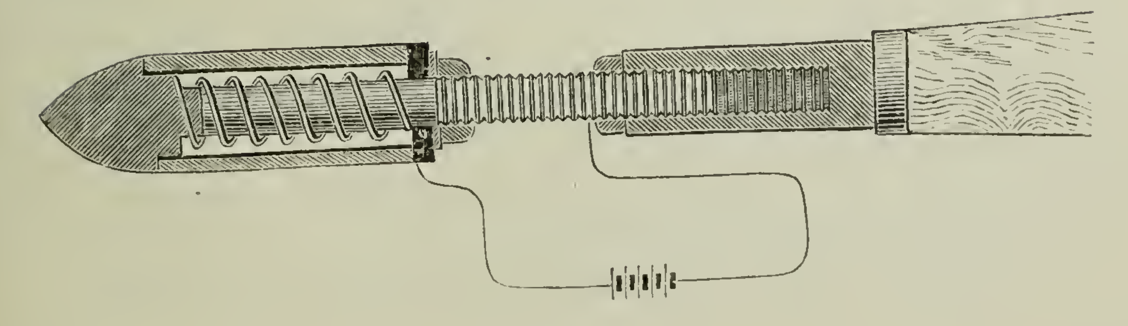


Fig. 100.



Loth befindet; ferner durch eine aus Loth bestehende Scheibe, welche über die Verbindungsstelle gleitet.

Das elektrische Lötheisen M. W. Miner's*) (Fig. 100) besteht aus einem Kupferstücke, in dessen Innerem sich Spiralen aus Neusilber befinden. Der Kupferkolben wird an den Griff mittelst einer Schraube festgemacht. Die Widerstände sind mit Asbest und Glimmer isolirt. Der obere Theil des Griffes ist aus Schiefer hergestellt. Bei continuirlicher Arbeit soll das Werkzeug drei- bis vierhundert Watts erfordern. Es ist bei der Tide-Water-Oil Company in industriellem Gebrauche und dient zur Verlöthung der gefüllten Fünf Gallonen-Kannen.**)

Coffin hat ebenfalls ein Lötheisen ausgedacht, dessen Kolben hohl ist. In dem Kolben befindet sich ein grosser elektrischer Widerstand, dessen beide Enden mit einer Elektricitätsquelle verbunden sind. Der Widerstand ist eingeschlossen in elektrisch nichtleitendes, feuerbeständiges Material. An der Spitze des Instruments befindet sich eine Oeffnung, welche durch einen Hahn verschlossen ist. Das Innere des Werkzeuges dient als Reservoir für das geschmolzene Loth.***)

Charles E. Carpenter (Minneapolis) hat sich Folgendes patentiren lassen: In einem elektrischen Löthkolben eine Aushöhlung, bestimmt zur Aufnahme der elektrischen Leiter; einen Widerstand, welcher in den Kern des Kolbens gelagert ist, und verschiedene

---

*) Tide Water Oil Company, Bayonne, N. Y. Amerika.

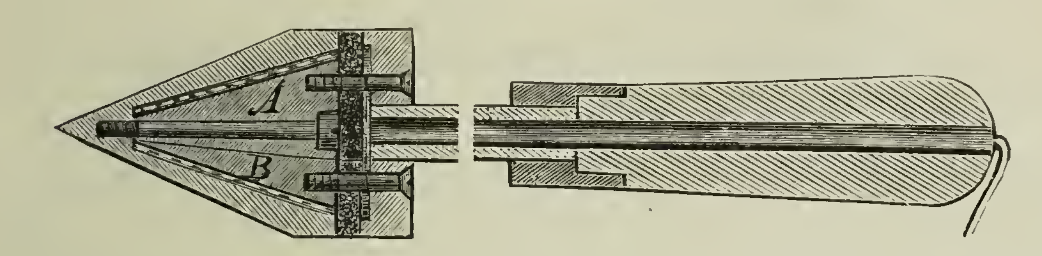
**) Amerik. Patent Nr. 421.185. Appl. fil. Nov. 5, 1889.

***) Amerik. Patent Nr. 431.439. Appl. fil. Jan. 18, 1890.

Isolirschichten, welche den Widerstand von dem Körper des Löthkolbens trennen.*) (Fig. 101.)

Benardos combinirt das Schmelzverfahren mit der Löthung in folgender Weise: Um beispielsweise zwei dünne Bleche mit einander zu verbinden, werden dieselben durch ein biegsames Kabel mit dem einen Pol einer Elektricitätsquelle in Verbindung gesetzt. Mit dem anderen Pol steht ein Löthkolben in leitender Verbindung. Dieser Löthkolben ist in der Hauptsache

Fig. 101.



aus einem die Elektricität sehr gut leitenden Metall (Kupfer) hergestellt und trägt an seinem unteren Ende in einer passenden Fassung ein kleines Stück eines die Elektricität schlecht leitenden, feuerbeständigen Materials; mit letzterem geschieht die Bearbeitung der Werkstücke. Am anderen Ende ist der Körper des Löthkolbens mit einem Hefte versehen, welches die Hand des Arbeiters gegen die Wärme schützt. Sowie der schlechte Leiter die zu bearbeitenden Metallstücke berührt, wird der Stromkreis geschlossen und der Löthkolben erhitzt sich.

Bei manchen Arbeiten wird es, nach Bearnados, vorzuziehen sein, zwei sich gegenüber stehende Löthkolben zu verwenden, von welchen der eine mit dem positiven und

*) Amerik. Patent Nr. 433.671. Appl. fil. Mai 10, 1890.

derandere mit dem negativen Pol einer Elektricitätsquelle verbunden ist, während die beiden Löthkolben von einander isolirt sind.*)

In einem Apparate Fodor's befindet sich in einem Kupferrahmen eine Rolle aus Neusilber, welche die Stelle des Kolbens vertritt. Der Apparat wurde mit Erfolg zur Verlöthung der Bleiverkleidung im Innern von Cellulose-Kochapparaten angewendet. Entweder werden die übereinander liegenden Bleiplatten direct oder aber mit Zuhilfenahme eines Bleistreifens mit einander verschmolzen.

In einem anderen Apparate Fodor's ist das kreisförmige Lötheisen mit einer eigenthümlichen Verzahnung versehen. Eine automatische Vorrichtung unterbricht und schliesst den Stromkreis in regelmässigen kurzen Zeitintervallen und es entsteht eine fortlaufende Reihe kleiner Löthungen, welche sich untereinander decken.

*) D. R. Patent Nr. 46.776, ausgegeben den 28. Mai 1889. Verfahren zur Bearbeitung von Metallen durch locale Erhitzung derselben mittelst Elektricität. Patentirt im Deutschen Reiche vom 21. Januar 1888.

Die Erhitzung der Metalle auf elektrischem Wege.

Das »elektrische Schmiedefeuer«.

Es mag in gewissen Fällen die Nothwendigkeit vorhanden sein, Metallgegenstände auf elektrischem Wege zu erhitzen, um sie geschmeidig und biegsam für eine nachfolgende mechanische Operation zu machen. Es mag ferner auch nothwendig sein, mehrere Gegenstände von verschiedenem Querschnitt und Widerstand zusammen und mit einem Male auf elektrischem Wege zu erhitzen. Um dies möglich zu machen, bedarf es einer Wärmequelle, welche dem gewöhnlichen Schmiedefeuer, das man nach Belieben anfachen, vermindern und auf verschiedene Punkte vertheilen kann, ziemlich nahe kommt.

Mark Dewey hat einen Apparat angegeben,*) in welchem das Schmiedefeuer durch ein Bett aus pulverisirter Kohle ersetzt ist. Der Durchgang des Stromes soll das Kohlenpulver zur Erhitzung bringen

---

*) Amerik. Patent Nr. 436.519, dated September 16, 1890. Appl. fil. June 9, 1890.

und das letztere giebt seine Wärme an die Metallgegenstände ab, welche in ihm eingeladen werden. (Fig. 102.)

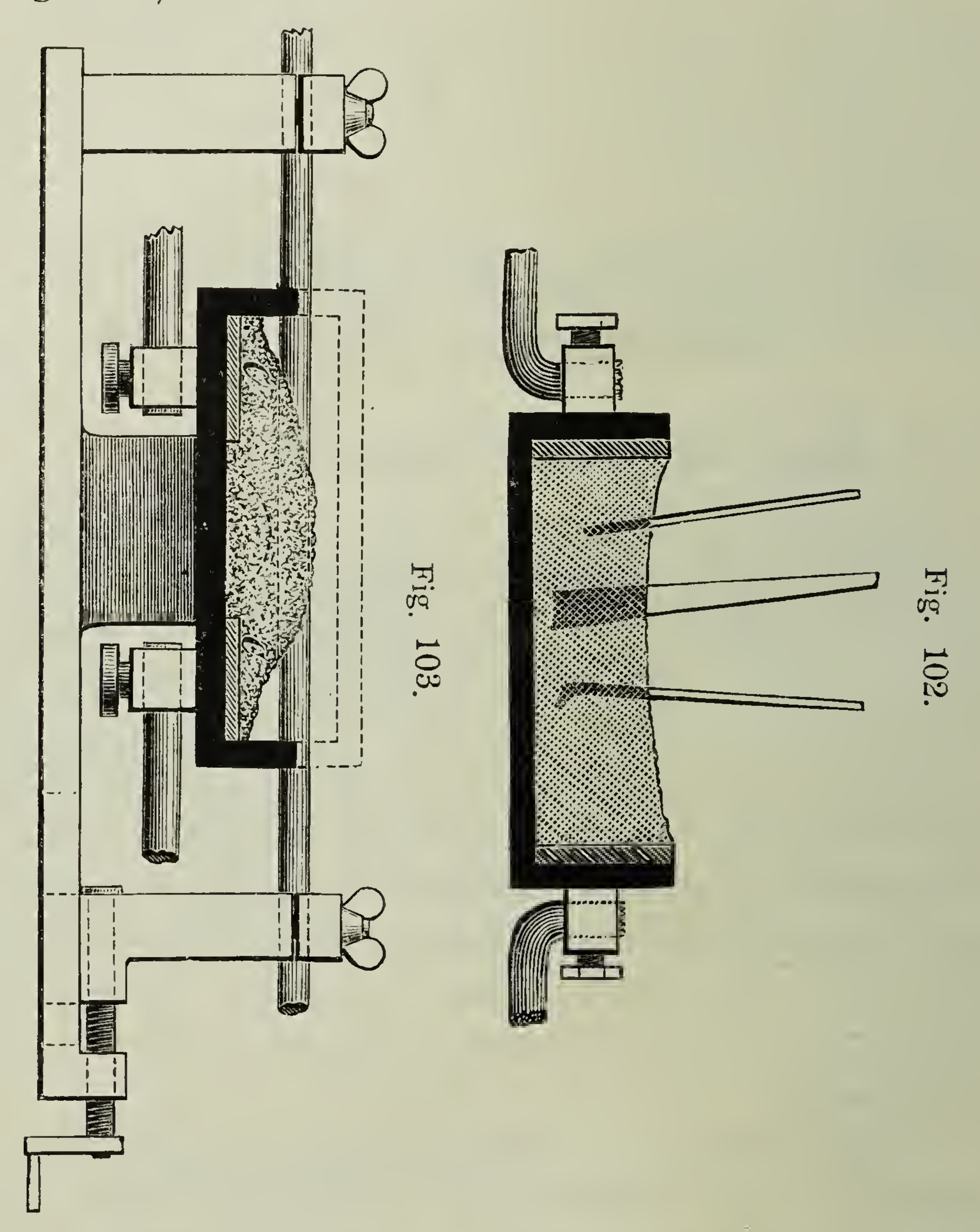


Fig. 103.

Fig. 102.

In Fig. 103 ist der Apparat mit einer beweglichen Klammer combinirt.

Um den Wärmeeffect des Kohlenbettes zu erhöhen, ist Dewey auf die Idee gekommen, dasselbe

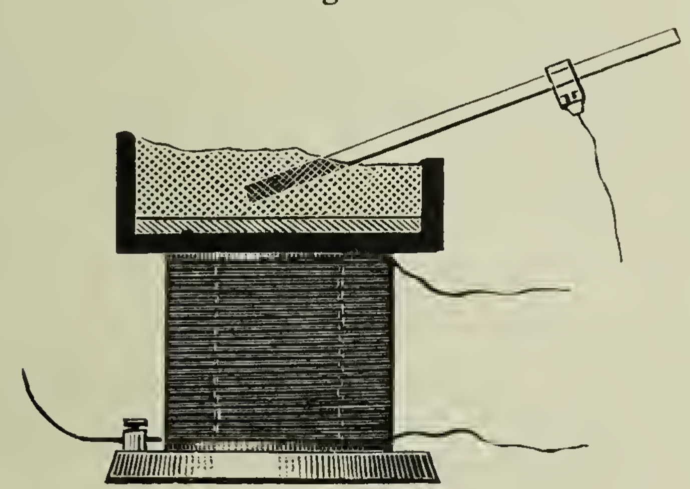
der Einwirkung eines Elektromagneten auszusetzen.*) (Fig. 104.)

Cementirung, Adouciren, Tempern.

Es ist selbstverständlich, dass diese hier beschriebenen Verfahren auch zum Cementiren, Adouciren und Tempern von Eisen und Stahl dienen können. In der That sind von amerikanischen Erfindern zahlreiche



Fig. 104.



hierauf bezügliche Patente genommen worden, von deren praktischer Verwerthung jedoch bis jetzt noch wenig bekannt geworden ist.**)

Das Härten von Stahlrohren will Kramer in der Weise bewerkstelligen, dass er die Rohre in ein Gefäss einführt, in welches eine unter Druck befindliche

*) Amerik. Patent Nr. 441.401, dated November 25, 1890 Appl. fil. Sept. 5, 1890.

**) Ein Beispiel kennen wir aus persönlichen Informationen. In den Werkstätten der amerikanischen Pope Manufacturing Co. werden die auf elektrischem Wege geschweissten Reifen (tyres) für Bycicleräder mittelst eines Thomson'schen Apparates gehärtet.

Kühlflüssigkeit oder ein kühlendes Gas eintreten kann. Sobald das Arbeitsstück genügend erhitzt ist, öffnet man einen Hahn, um sofort abzulöschen.*)

In der Waffenfabrik von Saint-Etienne bedient man sich seit zwei Jahren der Elektricität zum Anlassen des Stahldrahtes, aus welchem die Federn für das Gewehr, Modell 1886, hergestellt werden. Diese Federn bestehen aus einem 0·7 Mm. starken und 3·20 M. langen Stahldraht. Derselbe wird als Spirale aufgewickelt und mittelst eines Stromes von 23 Ampères bei 45 V. Spannung ins Glühen gebracht. Sobald der erreichte Hitzegrad genügend hoch erscheint, lässt man die Spirale in einen mit Wasser gefüllten Behälter fallen. Ein geübter Arbeiter härtet auf diese Weise zwanzig Federn in zwei bis drei Minuten und kann 2400 Stück in einem Tage herstellen.**)

Fodor härtet Werkzeugstahl mittelst Elektricität, indem er das Metall roth anlaufen lässt, und es dann in einem aus Kolofonium und Oel bestehenden Bad belässt, bis es gänzlich abgekühlt ist. Der Stahl wird hierauf nochmals mit Elektricität erwärmt und kann dann weiter verarbeitet werden.

Die Elektricität scheint überhaupt berufen, in der Stahlfabrikation eine bedeutende Rolle spielen zu sollen. Von verschiedenen Seiten wird versucht, den niederen Stahlgattungen (Bessemerstahl, basischem Stahl u. s. w.) die Eigenschaften des raffinirten Tiegelstahles zu er-

*) Engl. Patent (1889) Nr. 13.659. — Fortschritte der Elektrotechnik 1890, erstes Heft.

**) Lumière Electrique, tome XLI, Nr. 32, p. 299.

theilen, damit die niederen Gattungen auf beliebigen Grad gehärtet und zur Werkzeugfabrikation verwendet werden können. Die Hauptbedingungen für das Gelingen eines derartigen Verfeinerungsverfahrens sind: Anwesenheit von Kohlenstoff, Abwesenheit von Sauerstoff und eine hohe Temperatur, d. h. eine Temperatur von über 815 Centigraden, deren weitere Erhöhung mit jenem Härtegrade variirt, welchen das Product erhalten soll.

Die Stahlbarren oder fertigen Stahlgegenstände werden in eine Substanz eingebettet, welche zumeist aus fein gepulverter Holzkohle besteht und in einen Tiegel oder Kasten eingeladen wird. Die gleichförmige Erhitzung der Metallgegenstände wird durch den elektrischen Strom bewerkstelligt. Sobald die erstere stattgefunden hat, lässt man den Stahl langsam erkalten.

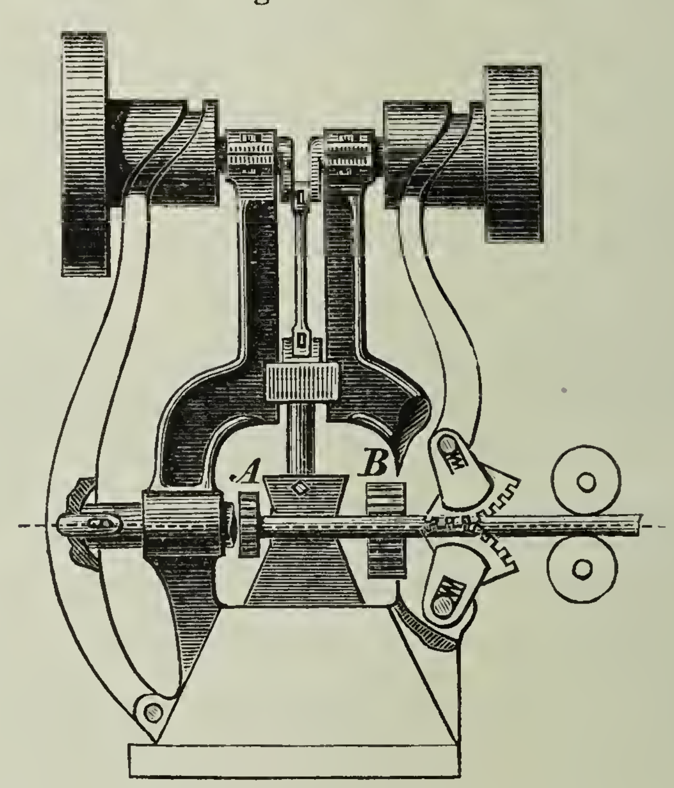
Hat die durch den elektrischen Strom hervorgerufene Erhitzung ungefähr 1600 Grade betragen, so erhält man ein weiches, reines, mattgraues Product, welches derart gehärtet werden kann, dass aus ihm Werkzeuge zur Bearbeitung von Hartguss hergestellt werden können. War die Erhitzung unter 1600 Grad, so erhält man ein goldfarbiges Product, welches jedoch einen gleichen Härtegrad annehmen kann wie das graue. Ist aber die Erhitzung eine noch geringere gewesen, nimmt das Product eine blassblaue Farbe an, und ist auch weniger leicht zu härten als das graue und blaue. Bei einer Erhitzung von ungefähr 825 Grad wird das Product dunkel-purpurroth und nimmt nur wenig Härtung an.*)

*) Siehe »Perfectionnements au traitement de l'acier.« Par M. Harvey. La Métallurgie, 22e année Nr. 39.

Die elektrische Schmiede.

Nachdem man schon auf die Nachahmung des Schmiedefeuers verfallen war, lag es nahe, nun auch den elektrischen Hammer und Ambos zu construiren. Durch Elektricität bewegte Hämmerwerkzeuge gab es schon seit geraumer Zeit. Es haben sich daher zahlreiche Er-


Fig. 105.



finder angelegen sein lassen, diese oder ähnliche Hämmer mit dem elektrischen Schweissverfahren zu verbinden.

Der elektrische Ambos Elihu T h o m s o n's besteht aus einem gewöhnlichen Schweissapparat, über welchem sich ein Hammer befindet, der durch mechanische Kraft oder Elektricität auf- und abbewegt wird. Die Schweissung findet über einem Ambos statt, welcher einen Theil des Eisenkernes des Transformators bildet.

Bei der Coffin'schen Schmiede soll die Schweissung über einem Kohlenblock stattfinden, welcher, sobald die Stücke auf Schweisstemperatur gebracht sind, entfernt und durch einen Ambos ersetzt wird.

In dem Apparate George D. Burton's [Boston] (Fig. 105) ist nichts elektrisch als die zwei Klemmen *AB*, welche das zu schmiedende Stück erhitzen. Die Klemme *B* ist mit einer Aushöhlung versehen, durch welche das Arbeitsstück (in diesem Falle eine Metallstange) durchgeschoben wird.

In Boston hat sich auf Grund der von Burton genommenen Patente*) die »Electrical Forging Company« gebildet, deren erste Ankündigung Folgendes besagt: »In der elektrischen Schmiedemaschine wird das Metall durch den elektrischen Strom auf den gewünschten Wärmegrad erhitzt, ferner auf automatischem Wege unter Hämmer gebracht, welche das Arbeitsstück in die gewünschte Form schmieden. Die Formir-Werkzeuge der Maschine können nach Bedürfniss ausgewechselt und gegen andere vertauscht werden. Als besondere Vorzüge des elektrischen Verfahrens sind anzuführen: die gleichmässige Erwärmung der Arbeitsstücke, die Ersparniss an Zeit und die bessere Qualität der fertig gestellten Waare.«

Die »Electrical Forging Company« hat verschiedene Industriezweige in ihrer Thätigkeit einbezogen. Einer ihrer Apparate dient zur Herstellung von Hufeisen-

*) Amerik. Patente Nr. 427.151 dated May 6. 1890; Nr. 435.110 und Nr. 435.111 dated Aug. 26. 1890; ferner Patente vom 14. und 21. October 1890.

nägeln, deren metallische Structur dichter sein soll als jene der auf gewöhnliche Art hergestellten. Auch sollen sie keine Risse oder Sprünge aufweisen, welche bei den auf gewöhnliche Art hergestellten Nägeln, infolge ihrer ungleichmässigen Erhitzung, so oft vorkommen. Etwas sonderbar ist wohl folgender Ausspruch Burtons: »Die Erhitzung durch Elektricität verdichtet die Moleküle und nimmt dem Metall die faserige Structur.«*)

Burton selbst giebt uns persönlich folgende Auskünfte über in Amerika stattgehabte und von verschiedenen Zeitschriften bestätigte Versuche**) mit dem elektrischen Schmiedeverfahren. Er sagt wörtlich: »Wir haben gefunden, dass ein durch Elektricität erwärmtes Metall sich von innen heraus erhitzt und frei von Gasen und Krusten ist, nachdem der Strom keine neue Kruste ausser der bereits vorhandenen bildet. Demzufolge finden auch wenig Energie-, resp. Wärmeverluste statt. Wir haben Eisen- und Stahlstücke von 3—4 Quadratzoll Querschnitt und von 20 Zoll Länge mittelst des elektrischen Stromes erhitzt und unter einen Hammer gebracht. Der erhitzte Theil des Stückes mass 8 Zoll. Der Arbeiter fasste die Stange mit nackten Händen an. Die Erhitzung geht nämlich so schnell vor sich, dass eine Fortleitung der Wärme nicht stattfindet und das grössere Ende der Stange kühl bleibt. Der erhitzte Theil der letzteren wurde

---

*) Siehe »Heating and Forging Metals and Tempering by Electricity«. By Geo. D. Burton, before the Franklin-Institute, Philadelphia, April 15, 1891.

**) Siehe »The Manufacturer and Builder«, August 1891

durch Hämmern so dünn gemacht, dass die gesammte Länge der Stange nach Beendigung der Operation 62 Zoll betrug.«

Die Forging Company hat zwei Anlagen in Oliver-Street, Boston, jede von 60 *HP* Capacität. Das gesammte Arbeiterpersonale beträgt zwanzig Mann.

Wir haben Gelegenheit gehabt, uns persönlich von den Fortschritten zu überzeugen, welche das elektrische Schmiedeverfahren in den jüngsten Tagen gemacht hat. Zahlreiche uns vorliegende Muster der verschiedensten Metallgegenstände, welche zuerzt durch den elektrischen Strom erhitzt und nachher geschmiedet wurden, zeigen eine bedeutend bessere Qualität, als gleichartige nach dem gewöhnlichen Verfahren hergestellte Waaren. Die Operation geht rasch und sicher von statten und vollzieht sich auch schneller als mit den gewöhnlichen bisherigen Apparaten. — In Europa werden zu Beginn des Jahres 1892 zwei Schmiede-Anlagen Burton's im Betriebe sein, wovon eine 100, die andere 60 Pferdekräfte erfordert.

Aehnliche Apparate wie die vorhin beschriebenen wurden construirt von George Lander und James H. Simpson in Pittsburgh (dieselben dienen zum Aufstauchen von Stangenenden);*) ferner von Robert Ross in Vergennes, Vermont.**)

Anwendung des Glühverfahrens für Messzwecke.

August Caspersson will sich des elektrischen Glühverfahrens bedienen, um den Härtegrad von Stahl

*) Amerik. Patent Nr. 437.654. Appl. fil. Juli 16, 1890.

**) Amerik. Patent Nr. 423.956. Appl. fil. June 14, 1889.

und Eisen zu messen. Von dem zu untersuchenden Metall wird ein Stück abgebrochen und dasselbe mittelst elektrischen Stromes in Fluss gebracht. Ein Stück gewöhnlichen Stahles oder Eisen von gleichem Querschnitt und bekanntem Härtegrad wird hierauf derselben Operation unterzogen und aus der Differenz der Stromintensität, welche für beide Operationen nothwendig war, soll der Härtegrad des untersuchten Stückes bestimmt werden.*)

Das sogenannte „Galvanisiren".

Es handelt sich hier darum, einen Metallgegenstand mit einer Schicht anderen leichtflüssigen Metalles zu bekleiden. Thomson erhitzt den zu behandelnden Gegenstand durch den elektrischen Strom, erhält den letzteren mittelst eines Regulirapparates constant und trägt die Metallschicht auf, so lange das Arbeitsstück warm ist.**)

Im April des Jahres 1881 machte Atkinson den Versuch, die Eisenbekleidung der Schiffe, zum Schutze gegen die Einwirkung des Seewassers, zu verzinnen. Zu diesem Behufe bediente er sich eines Kohlenstiftes, mittelst welchem er mit den Eisenplatten einen Lichtbogen herstellte. In den Lichtbogen wurde Zinn gebracht, welches auf dem Eisen in Form von Tropfen aufschmolz. Auf diese Tropfen wurden dann später Zinnbleche gelegt und mit den ersteren verlöthet.***)

---

*) Amerik. Patent Nr. 404,600. Appl. fil. Februar 12, 1889.

**) Amerik. Patent Nr. 432, 651. Appl. fil. Mai 17, 1888.

***) Institution of Civil Engineers, London, 15. April 1890. Mittheilung des Mr. Alexander Siemens.

Verschiedene Anwendungen.

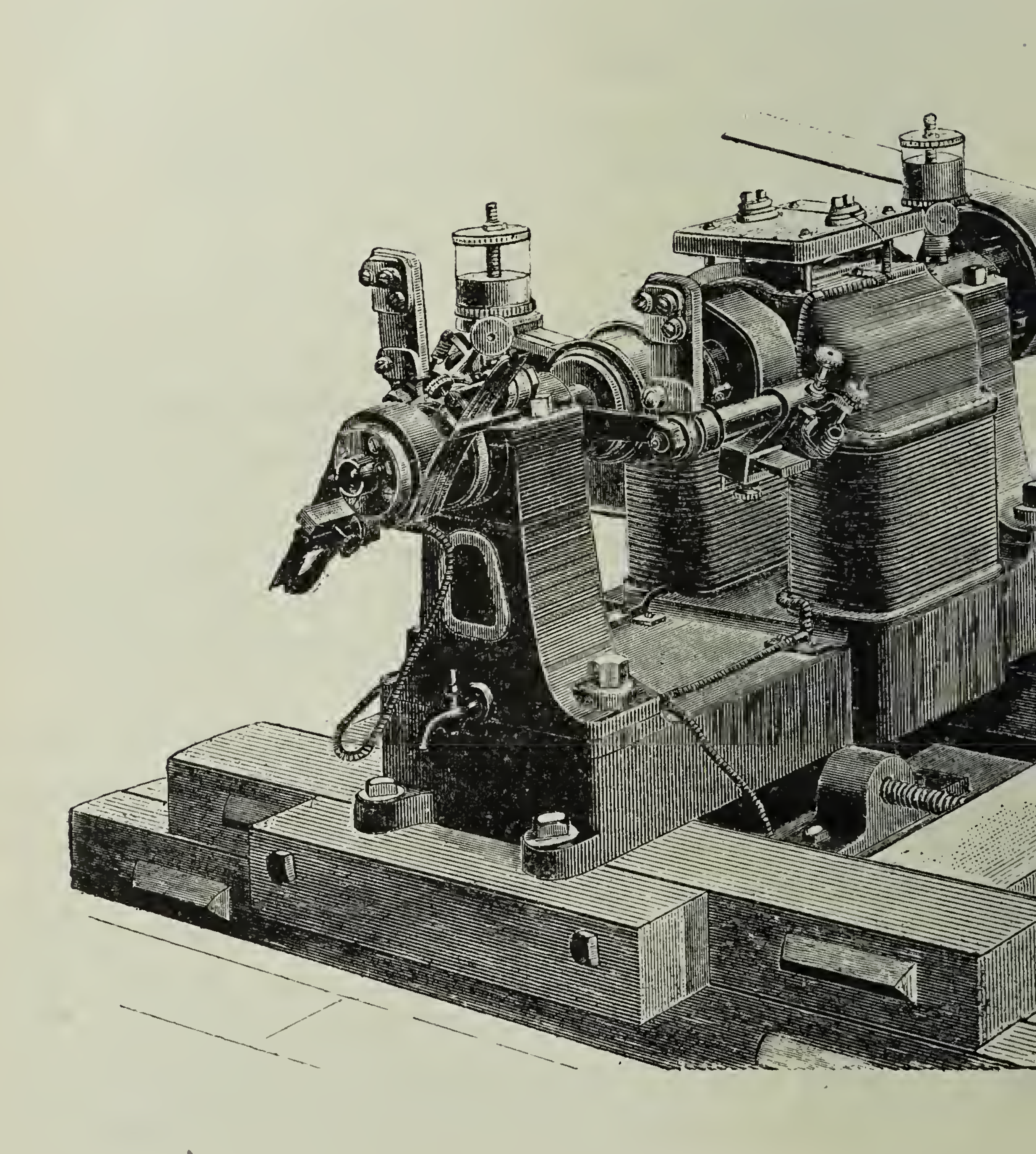
Schweissung von Drähten.

Es gibt Schweiss-Apparate, mittelst welcher die verschiedensten Arbeiten ausgeführt werden können, doch dürfen dieselben nur in die Hand von Personen gegeben werden, welche sich auf die Regulirung des Stromes verstehen und genügende Erfahrung im elektrischen Schweiss-Verfahren haben.

Dieser Umstand wäre ein Hinderniss für die industrielle Anwendung des elektrischen Schweiss-Verfahrens geblieben, wenn man nicht daran gegangen wäre, für gewisse Zwecke automatische Apparate herzustellen, in welchen Nichts vom Zufalle abhängig ist und welche demzufolge von einem gewöhnlichen Arbeiter bedient werden können. Die Anzahl dieser Apparate vermehrt sich von Jahr zu Jahr und bewirkt eine Umwälzung in den verschiedensten Zweigen der Metall-Industrie.

In Lemp's »Automatic Copper wire-welder« (Automatischer Kupferdraht-Schweissapparat) besteht der secundäre Stromkreis aus einem Kupfer-Gussstück, welches einem viereckigen leeren Kasten gleichsieht, dessen eine Seite weggenommen wurde. Dieses Gussstück ist fest auf einen eisernen Tisch (oder Ständer) aufgeschraubt. Es ist durch einen Sägeschnitt in zwei Theile getheilt. Der eine Theil ist von der eisernen Tischplatte isolirt und bildet einen Pol des

Fig. 106.



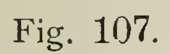
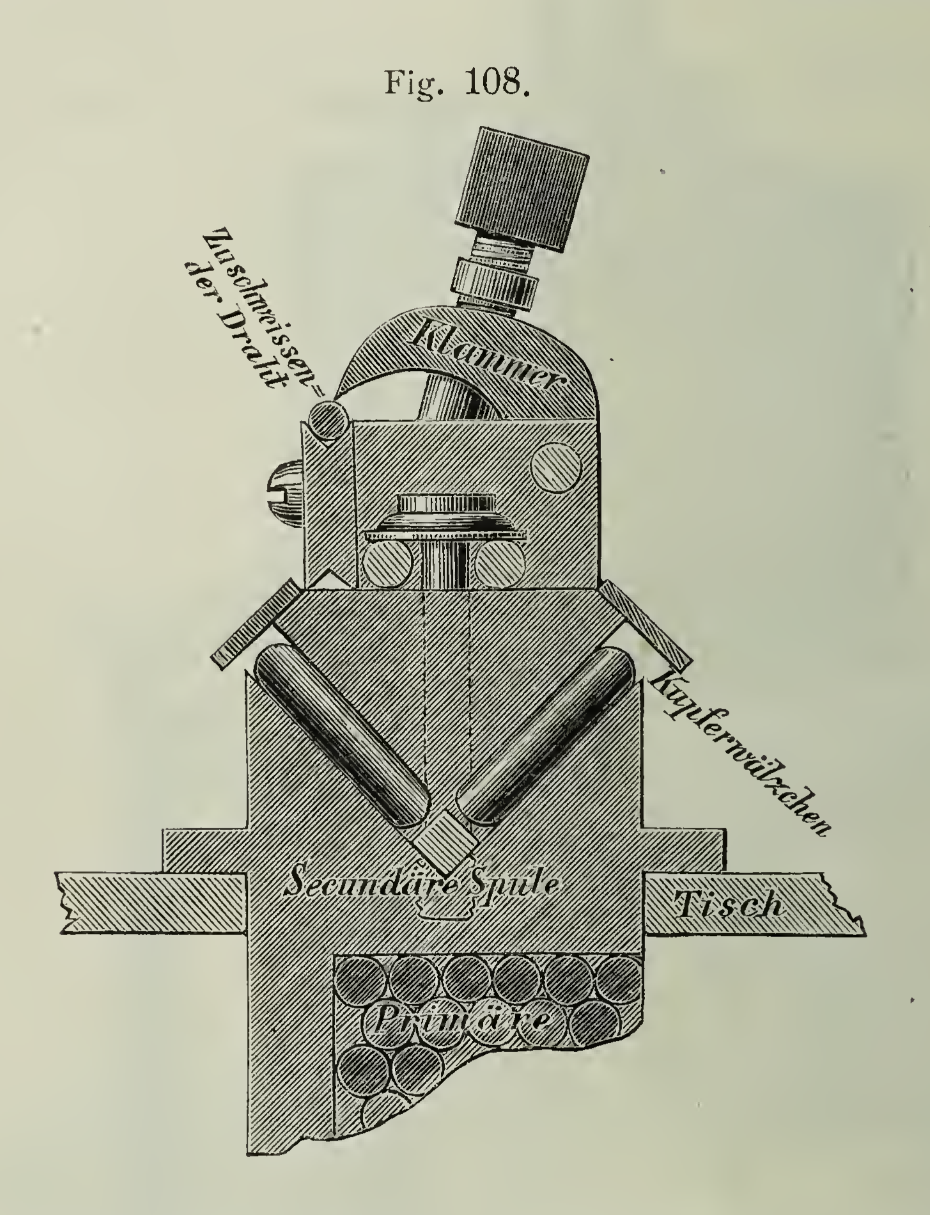

THOMSON
ELECTRIC WELDING CO
BOSTON MASS.
U.S.A.
INDIRECT WELDER
TYPE 1A No 210
PROCESSES AND APPARATUS PATENTED
AUG. 10. 1886 DEC. 20. 1887
PATENTS APPLIED FOR

Fig. 107.

secundären Stromkreises. Auf dem zweiten Theile befindet sich ein *V*-förmiges Lager,*) welches zur Aufnahme einer gleitenden, verschiebbaren Klammer bestimmt ist. In dem hohlen Theile des Kupfergussstückes

Fig. 108.



stückes wird die primäre Wickelung untergebracht. Zwei *U*-förmige Kerne aus gewalztem Eisen umfassen die primäre und secundäre Spule. Das von der Tisch-

*) Diese Form wurde von Lemp zum Gegenstande des amerik. Patentes Nr. 428,616, Appl. fil. Aug. 8, 1889, gemacht.

platte isolirte Stück bildet die fixe Klammer. Die bewegliche Klammer ist auf einem Kupferstück angebracht, welches in der *V*-förmigen Ausnutung (Fig. 108) schleift.

Damit der Contact zwischen Lager und Gleitstück ein vollkommener sei, wird letzteres durch eine kräftige Feder niedergehalten. Zwischen Lager und Gleitstück befinden sich Kupferwälzchen, welche aus einfachen kurzen Stücken eines viertelzölligen und an den Enden abgerundeten Drahtes bestehen. Diese Wälzchen sind es, welche der Klammer, resp. dem Gleitstück den Strom übermitteln.

Eine regulirbare Springfeder schiebt das Gleitstück gegen die fixe Klammer. Vor derselben befindet sich auf einem Hebel die Distanzlehre (distance gauge), welche zwischen den beiden Klammern eingeführt werden kann. Diese Lehre hat auf einer runden Scheibe eine Anzahl von Stahlstiften von verschiedener Länge, aber von gleicher Projection auf jeder Seite der Scheibe. Diese Projectionen geben, wenn sie zwischen die Klammern eingeführt werden, die für einen bestimmten Drahtquerschnitt nothwendige Entfernung zwischen den beiden Klammern. Die zu schweissenden Drähte stossen an die Scheibe an und es wird auf diese Weise die gleiche Projection der beiden Drahtenden gesichert.

Auf dem Apparat befindet sich ferner ein Ausschalter für die primäre Spule, welcher durch eine Feder offen gehalten wird. Wenn der Ausschalter geschlossen wird, fällt ein Zahn ein, welcher denselben am Zurückschnellen verhindert. Ein an der beweg-

lichen Klammer angebrachter Stift löst den Ausschalter wieder aus.

Der Vorgang bei der Schweissung ist folgender:

1. Es wird der Durchmesser der zu schweissenden Drähte bestimmt.

2. Die Distanzlehre wird dem Durchmesser entsprechend eingestellt.

3. Die bewegliche Klammer wird nach rechts geschoben und die Distanzlehre eingeführt.

4. Die beiden Drähte werden sicher und fest von den Klammern eingepresst.

5. Die Lehre wird zurückgezogen.

6. Der Ausschalter wird geschlossen.

7. Die reactive Spule (Siehe Seite 50) wird in eine Stellung geschoben, welche einem Reactionsminimum entspricht, und auf Maximum geführt, wenn die Schweissung vollendet ist.

8. Die Klammern werden geöffnet und die geschweissten Stücke entfernt, worauf der beschriebene Vorgang von Neuem beginnen kann.

Fig. 107 zeigt eine complete Einrichtung Thomson'scher Apparate zur Schweissung von Drähten.

Dieselben werden vorzugsweise zur Herstellung von Drähten für elektrische Zwecke benützt.*) Be-

*) Der Gebrauch von elektrischen Apparaten hat sich in den grossen Werkstätten der Trenton Iron Works und in jenen der Herren Roebling Sons Co. in Trenton besonders bewährt. Die Qualität der auf elektrischem Wege hergestellten Drahtverbindungen ist eine zufriedenstellende. Die Western Union Telegraph Company verlangt ausdrücklich, dass der ihr gelieferte Draht auf elektrischem Wege verbunden sei. Eisen- und Stahldraht sind leicht zu behandeln. Kupfer- und Messingdraht aber bieten Schwierigkeiten, welche durch den vorher beschriebenen automatischen Apparat beseitigt erscheinen.

merkenswerth ist die Verwendung eines solchen Apparates in den Werkstätten der Weed Sewing Machine Co. (Hartford, Conn.) Dortselbst werden die Springfedern aus Stahldraht, wie solche zu Nähmaschinen verwendet werden, auf elektrischem Wege geschweisst.

Schweissung von Drahtkabeln.

Bei Schweissungen von Kabeln aus Metalldrähten müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

Es muss verhindert werden, dass die einzelnen Drähte des Kabels sich nach auswärts biegen, wenn die zu schweissenden Stücke aneinander gepresst werden. Die einzelnen Drähte des einen Stückes sollen mit jenen des anderen Stückes womöglich eine fortlaufende Linie bilden. Es muss verhütet werden, dass die Drähte beim Zusammenpressen zwischen einander schliefen. Die Schweissstelle muss so klein als möglich sein, um die Biegsamkeit des Kabels nicht zu beeinträchtigen.

Zu diesem Behufe werden die Kabelenden in Stahl- oder Eisenreifen fest geschraubt, so dass die einzelnen Drähte fest aufeinander gepresst sind und nicht übereinander schliefen können, wenn die Enden zusammengepresst werden. Die Enden werden glatt abgefeilt und in dieselben kreisrunde Nuten eingetieft. Beim Zusammenpressen wird in diesen Nuten ein gewisser Theil des weichen Metalles aufgestaucht, wodurch die Schweissung der einzelnen Drähte mit einander eine bessere wird. Da die Schweissstelle von geringer Länge ist, kühlt sie rasch ab und

es soll sich die Härte der Drähte (bei einem Stahlkabel z. B.) nur wenig verändern.

Wir haben die Wahrnehmung gemacht, dass sich bei Schweissung von Siliciumbronze-Drahtkabeln die Sprödigkeit derselben an der Schweissstelle verliert, was als ein Uebelstand angesehen werden muss. Bei Stahldraht-Kabeln mag der ursprüngliche Härtegrad durch Cementirung hergestellt werden können; wie aber in der erwähnten Bronzegattung das sich verlierende Silicium wieder ersetzt werden kann, ist bis jetzt noch nicht bekannt geworden.

Fig. 111 (S.181) zeigt einen Thomson'schen Apparat für Kabelschweissungen.

Die elektrische Zusammenschweissung von Kabelenden geschieht seit geraumer Zeit in der Fabrik der Trenton-Iron-Company, Trenton N. J. Auf der Drahtseilbahn in Brooklyn werden die Enden gerissener Kabel auf elektrischem Wege zusammengeschweisst.

Kettenfabrikation.

Weichere Stahlgattungen können auf elektrischem Wege leicht geschweisst werden. Man kann daher die Ueberlegenheit des Stahles über Puddel-Eisen nutzbar machen, indem man billigeres Material und zugleich auch weniger für eine gegebene Stärke anwenden kann. Dieser Umstand hat besonders für die Herstellung von Ketten seinen Werth, wo die Substitution von Eisen durch Stahl die eben erwähnten Vortheile sichert. Die Erfinder haben ihr besonderes Augenmerk auf diesen Gegenstand verwendet. Thomson hat 1890 einen kleinen Apparat für Kettenfabrikation construirt,

in welchen Draht eingeführt wird, welcher als eine gewisse Länge fertiger Kette wieder zum Vorschein kommt. Die ganze Operation: Schneiden, Biegen, Schweissen u. s. w. geschieht auf automatischem Wege. Es werden in der Minute dreizehn Glieder fertiggestellt, deren Durchmesser $^{1}/_{32}$ Zoll beträgt.*)

Ein Vortheil des elektrischen Verfahrens ist, dass zwei oder mehrere Schweissungen gleichzeitig (in Parallelschaltung) gemacht werden können. Dies geschieht auch in der Kettenfabrikation, bei welcher zwei Schweissungen zu gleicher Zeit, eine auf jeder Seite des Kettengliedes, gemacht werden.

Der Charlestown Navy Yard besitzt einen Apparat zur elektrischen Schweissung von Schiffsketten, deren Glieder zwei Zoll Durchmesser haben. Jedes Glied besteht aus zwei Hälften in ⊂-Form, welche an einander gepasst und durch Zusammenpressung mit einander vereinigt werden. Es finden also an jedem Gliede zu gleicher Zeit zwei Schweissungen statt, welche sofort nach ihrer Vollendung unter einen Hammer gebracht und durch denselben gleichgerichtet werden.

Schweissung von langen Gegenständen.

Ein Apparat Thomson's zur Schweissung von langen Gegenständen als: Rohre, Bleche, Stangen u. s. w. ist in Fig. 109 ersichtlich. Die Arbeitsklemmen werden hier durch Rollen ersetzt, welche auf die Stücke aufdrücken.**) Dieser Apparat ist nicht zu ver-

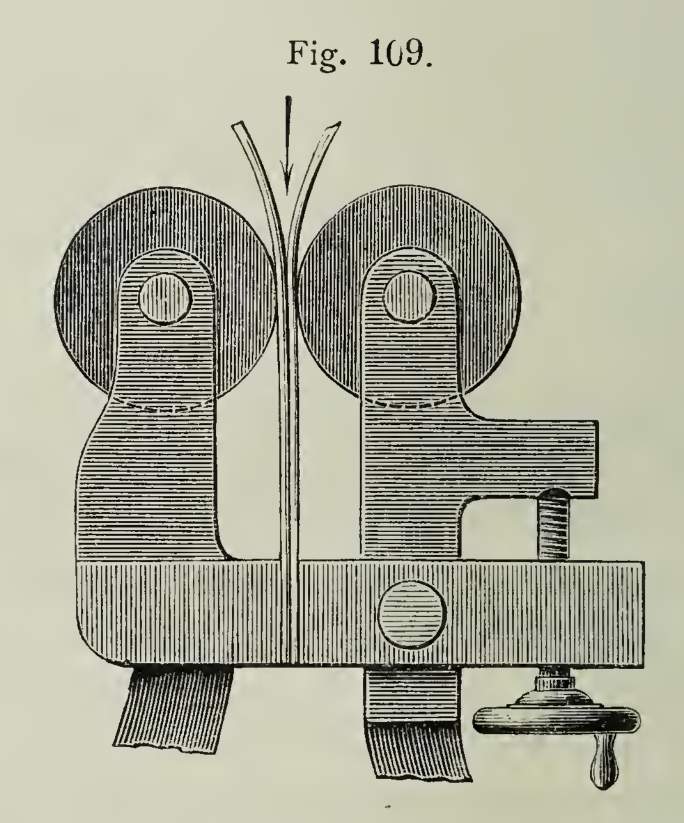
---

*) Die erste Type dieser Maschine liefert eine Länge von 250 Fuss Kette per Tag. Siehe Electrical World, June 7, 1890, p. 393.

**) Amerik. Patent Nr. 444.927. Appl. fil. Juni 14, 1890.

wechseln mit einem von Benardos' patentirten (D. R.-P. Nr. 46776), in welchem die Arbeitsstücke ebenfalls auf Rollen gleiten. Die letzteren dienen jedoch blos als Führung und sind stromlos. Die Arbeitsstücke werden in dem bezogenen Benardos'schen Apparate durch zwei Löthkolben erhitzt, von welchen

Fig. 109.



der eine mit dem positiven, der andere mit dem negativen Pol einer Elektricitätsquelle verbunden ist. Die beiden Kolben werden durch Stücke schlechtleitenden Materials kurz geschlossen, welch letzteres die Erwärmung der Arbeitsstücke hervorbringt.

Fabrikation von Rädern.

Bettendorf (Davenport) will metallische Räder folgendermassen herstellen: Die Speichen werden in

die entsprechenden Vertiefungen der Felge eingeführt. Die Fugen werden durch den elektrischen Strom erhitzt und Felge und Speichen zusammengepresst.*) Das ist wohl leicht patentirt, aber schwer praktisch ausgeführt.

Eisenräder für Landwirthschafts-Maschinen werden mit Hilfe des elektrischen Verfahrens von der Electric Wheel Company in Quincy, Ill. hergestellt. Bei diesem Modell ist die Nabe aus schmiedbarem Guss hergestellt. Auf der Nabe angegossen befinden sich die Speichenansätze, ungefähr 3 Zoll lang, an welche die eigentlichen Speichen mittelst des elektrischen Verfahrens angeschweisst werden. Die Speichen werden mit dem Kranz ebenfalls auf elektrischem Wege vereinigt.

Ein anderes Modell wird von Niles & Scott, Laporte, Ind. hergestellt. Die Nabe besteht aus zwei übereinander liegenden, flachen Theilen aus minderem Stahl. Der eine Theil ist mit Furchen zur Aufnahme der Speichen versehen. Der andere volle Theil wird über den gefurchten gelegt, sobald die Speichen eingeführt sind, und das Ganze wird mittelst Electricität zusammengeschweisst.

In der Wagenfabrik von Seward & Son in New Haven, Conn. werden die Schweissungen von norwegischem Eisen mit schwedischem Stahl auf elektrischem Wege ausgeführt.

Das elektrische Verfahren wird mit Erfolg in der Bicycle-Fabrik der Pope Manufacturing Co. angewendet und zwar zur Schweissung der Räderkränze aus weichem Stahl. Eine ähnliche Anlage functionirt seit Kurzem in einer Pariser Bycicle-Fabrik.

---

*) Amerik. Patent Nr. 440.534. Appl. fil. Mai 26, 1890.

Ringe, Reifen und andere endlose Gegenstände.

Für die Fabrikation von endlosen Gegenständen giebt es schon zahlreiche elektrische Schweissapparate. Selbst Ringe von relativ kleinem Durchmesser im Verhältniss zu ihrem Gewicht und Querschnitt, werden mit Leichtigkeit gemacht, obwohl man vor Allem annehmen sollte, dass der Strom um die Verbindung herum und durch die solide Masse des Ringes gehen werde, anstatt durch die zwei aneinander gepressten Enden. Theilweise trifft dies auch zu; es kommt aber nur in aussergewöhnlich dicken Ringen ein grosser Wärmeeffect ausserhalb der Verbindungstelle vor. Auch ist diese Erwärmung nur so gross, dass der Ring dadurch biegsam wird, so dass die Enden mit Leichtigkeit zusammengebracht werden können.*)

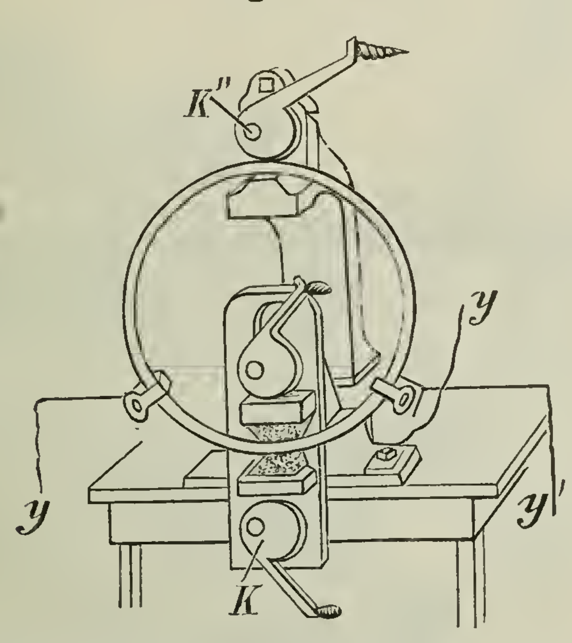
Bei Benützung von Wechselströmen schlägt der Strom nicht nur den Weg von geringstem Widerstande, sondern auch den kürzesten Weg ein, oder den Weg von geringster Gegeninduction oder Selbstinduction. Der Strom wird daher um den Ring nicht so leicht herumgehen, wie längs eines geraden kurzen Weges, welchen ihm die Verbindungstelle bietet. Will man überdies ein starkes Kreisen des Stromes ausserhalb der Verbindungsstelle verhüten, so braucht man, nach Elihu Thomson, nur im Mittelpunkt des Ringes einen magnetisirbaren Eisenkern einzuführen, welcher eine grosse Zunahme der Gegeninduction an der Stelle bewirkt, wo sich die Eisenmasse befindet.**)

*) Amerik. Patent Nr. 428.619. Appl. fil. Jan. 10, 1891.

**) Amerik. Patent Nr. 403.157, dated May 14, 1889, Appl.

Um Ringe oder Reifen auf Axen aufzuschleifen und mit denselben zu verschweissen, bedient sich Thomson des folgenden Verfahrens: Die Axe wird durch den elektrischen Strom erwärmt, nachdem der Reifen oder Ring auf sie aufgeschoben wurde. Sobald die Axe genügend weich ist, wird auf sie eine Zusammen-

Fig. 110.



pressung oder eine andere Kraft ausgeübt, welche die Axe zu einer lateralen Ausbauschung zu beiden Seiten des Ringes zwingt. Hämmerung vervollständigt die Schweissung.*)

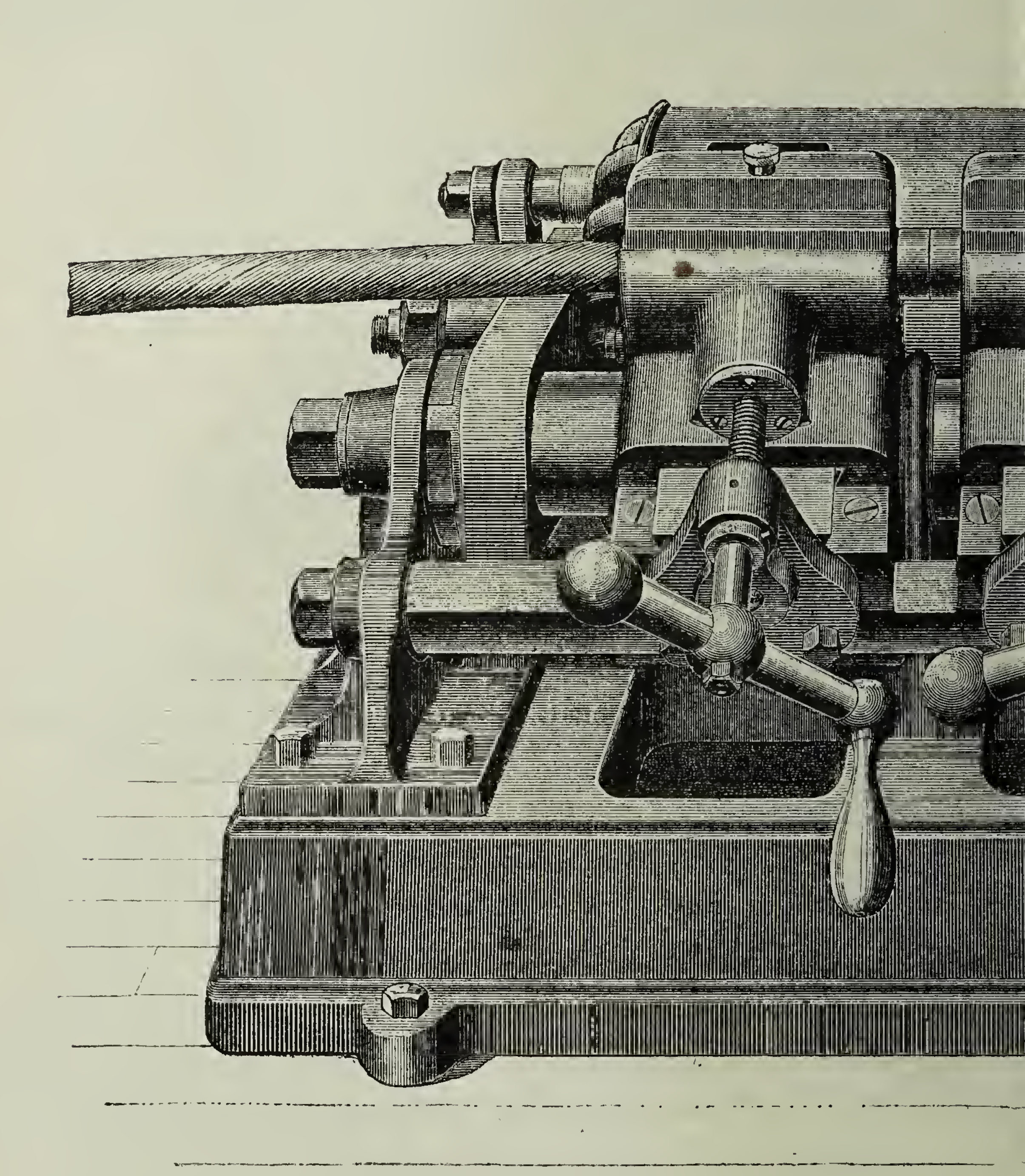
Ein Thomson'scher Apparat zur Schweissung von Waggon- und Wagenrad-Reifen ist in Fig. 115 (Seite 188) abgebildet.

---

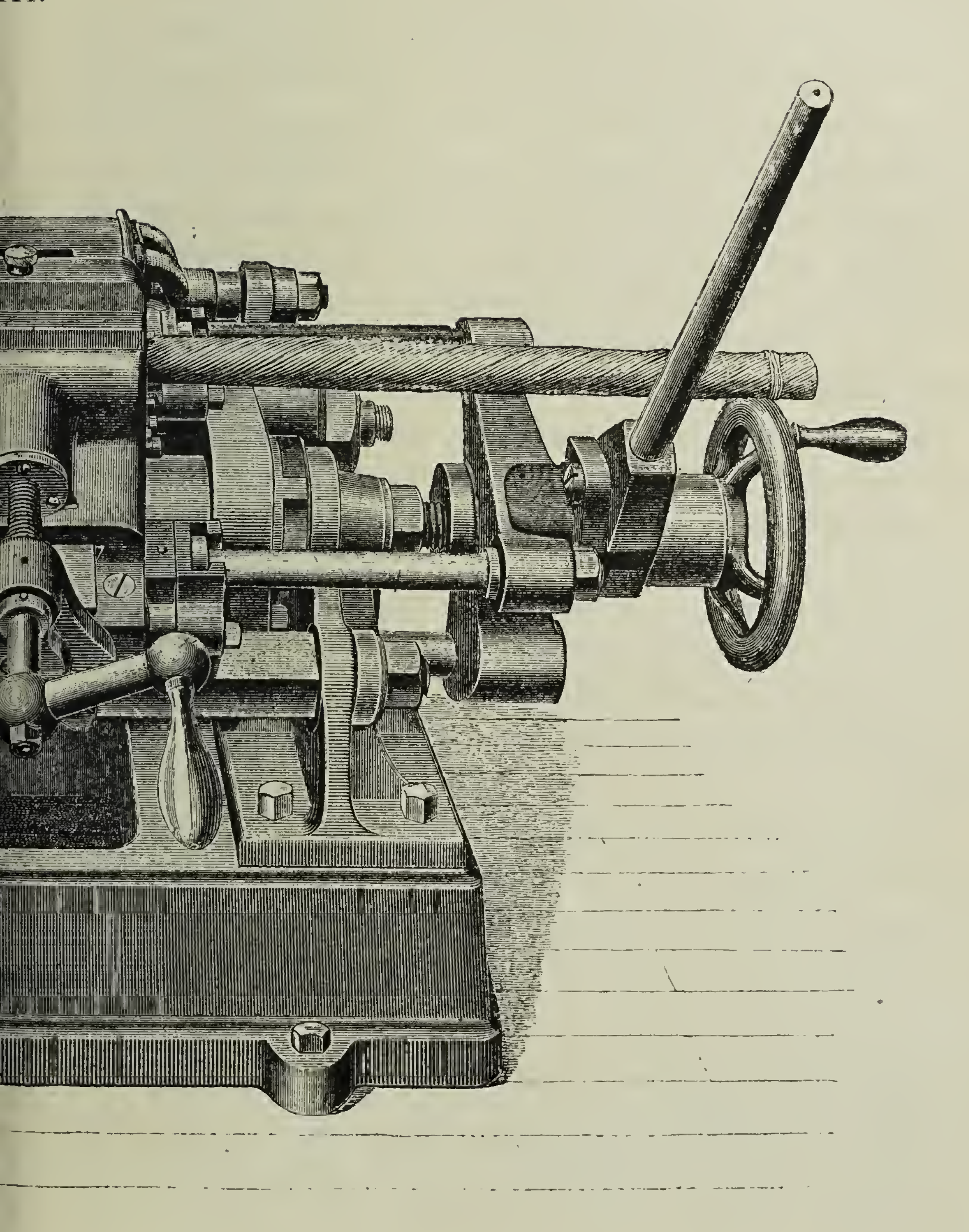
fil. Oct. 15, 1888. Das Patent wurde gegeben auf das Verfahren: »eine gegen-elektromotorische Kraft oder Tendenz in jenen Theilen der Werkstücke zu etabliren, welche einen Nebenschluss zu den erhitzenden Stellen bilden. Diese Anordnung soll den Wärmeeffect an der Schweissstelle localisiren.«

*) Amerik. Patent Nr. 418.198. Appl. fil. Aug. 19, 1889.

Fi



111.



Thomson construirt auch einen beweglichen Apparat, mittelst welchem die Schweissung von Metallreifen gemacht werden kann, wenn dieselben bereits auf jenen Gegenstand aufgeschleift sind, welchen sie festigen oder zusammenhalten sollen. Es werden Metallbänder auf Fässern, Eimern, Holzrädern, Pflöcken, Piloten u. s. w. entsprechend dem Umfange derselben gebogen; die Enden werden mittelst der Schrauben zusammengezogen, so dass der Reifen den Gegenstand fest umspannt, worauf sodann die Schweissung des Ringes erfolgt.*)

Fig. 110 zeigt einen Coffin'schen Apparat zur Schweissung von Reifen. Bemerkenswerth sind an demselben die Klammern *K* aus Kohle, deren Erwärmung zur Schweissung mithelfen soll. Der Strom nimmt den mit *y* bezeichneten Weg. — In einem anderen Verfahren wird der Reifen in K'' durch eine Gasflamme erhitzt. Durch die Erwärmung dieses Theiles soll dessen elektrischer Widerstand grösser werden, als jener der Schweissstelle, was zur Folge hat, dass die grössere Intensität des Stromes sich in der Schweissstelle verausgabt.

In der Fabrik der Hopedale Machine Company werden die Ringe für Spinnmaschinen mit Hilfe des elektrischen Verfahrens hergestellt. Diese Ringe, welche eine gleichmässig harte Oberfläche haben sollen, wurden bis nun aus einem Blech ausgestanzt, abgedreht und endlich gehärtet. Jetzt werden diese Ringe, ungefähr $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, aus Stangeneisen hergestellt und elektrisch geschweisst, worauf dann die Härtung

*) Amerik. Patent Nr. 455.421 dated July 7, 1891. Appl. fil. Feb. 24, 1891.

stattfindet. Der Vorzug des elektrischen Verfahrens vor dem früheren ist die Ersparniss an Material.

Um Reifen und Ringe gleichmässig zu erhitzen und um dergestalt ihre regelmässige Expansion zu bewirken, hat Dewey folgendes Verfahren ausgedacht (Fig. 112 und 113): Eine Wechselstrommaschine führt ihren Strom durch einen Regulator *B* zu dem Transformator *C*. Der secundäre Strom des Transformators geht zu den Klemmen DD^1, in welche Reifen eingespannt wird. Eine Schraube *E* und eine Gegenfeder *b* sind Hilfsmittel zur Operation.

In einem anderen Verfahren ist die primäre Spule CC^1 so gross gemacht, dass der Reifen *T* in sie hineinpasst. Für die Isolirung des Reifens von der Spule wird durch refractäres Material *h* Sorge getragen ,welches vornehmlich das Verbrennen der Isolirung des Transformators infolge der erzeugten Hitze, verhindern soll. Der Reifen bildet die secundäre Spule des Transformators.*)

In den Werkstätten der Studebaker Bros. Manufacturing Co. befinden sich zwei Apparate zur elektrischen Schweissung von Radreifen, welch letztere 4 Zoll Breite und $^3/_4$ Zoll Dicke haben. Die Schweissung wird durch Zusammenstauchen hergestellt und wird die Schweissstelle dann schnell unter einen Hammer gebracht, wo die Ausbauchung durch ein verticales und seitliches Hämmern glatt gemacht wird. In denselben Werstätten befindet sich auch

*) Amerik. Patent Nr. 402.416. dated April 30, 1889. Appl. fil. February 11, 1889. Siehe auch betreffs eines anderen Dewey'schen Apparates zur Schweissung von Reifen: Amerik. Patent Nr. 447.104, dated February 24, 1891, Appl. fil. November 1, 1890.

Fig. 112.

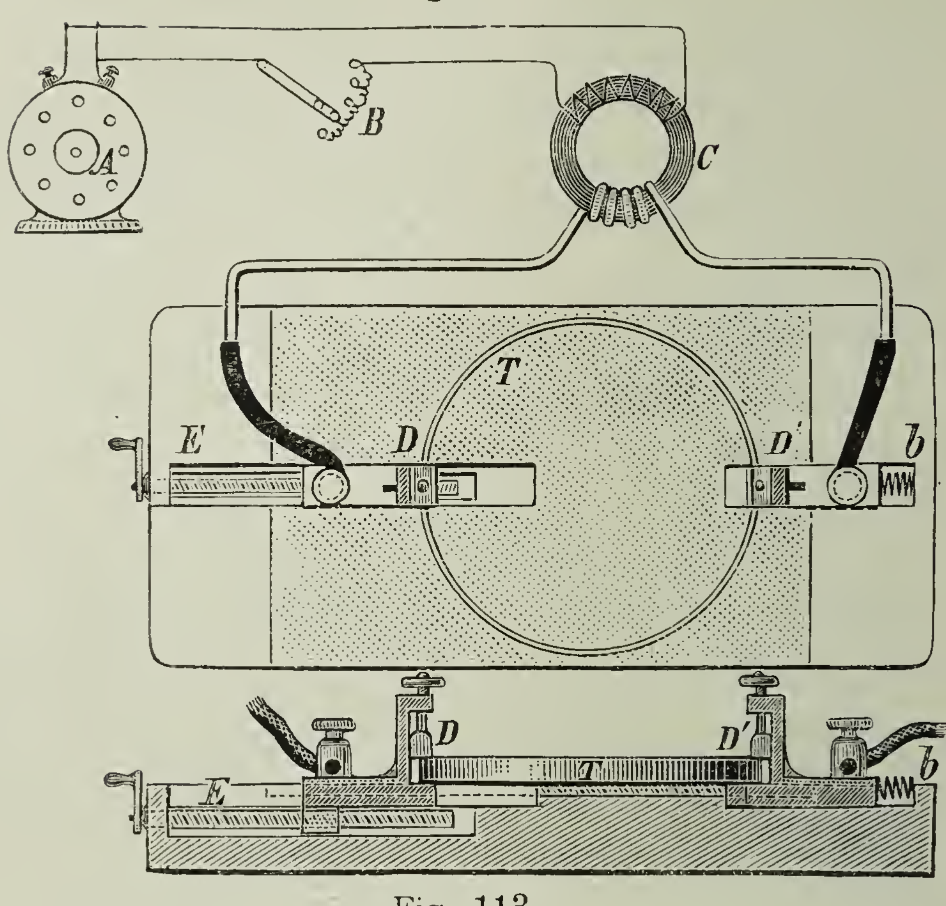
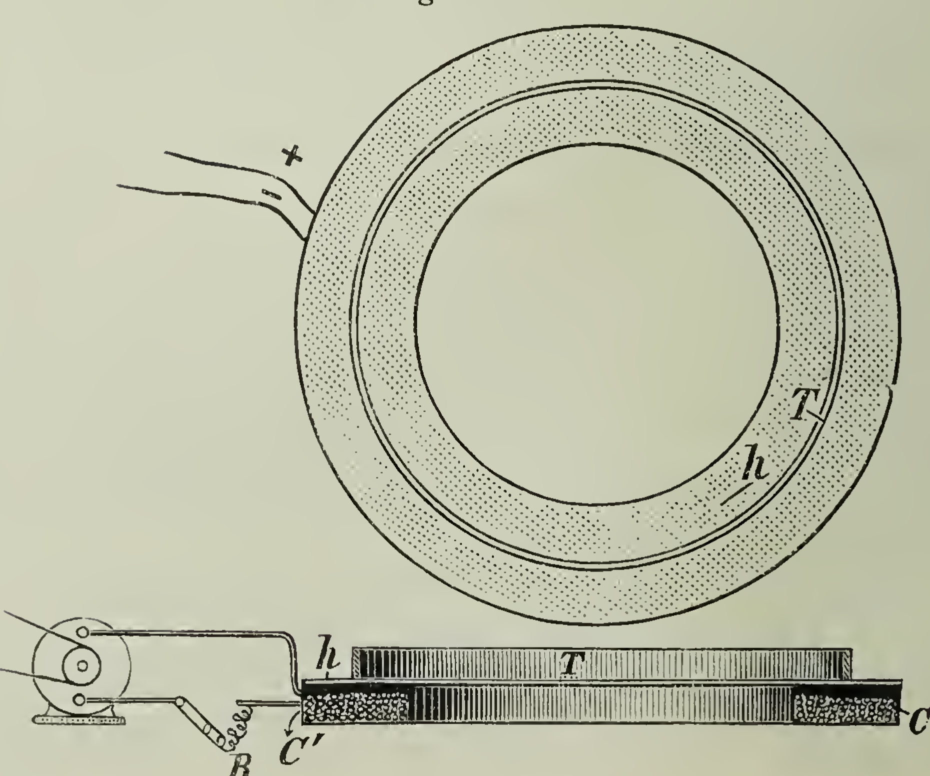


Fig. 113.



ein Apparat zur Schweissung von kleineren Reifen von 1 Zoll Breite. Die Ausbauchung wird durch einen einzigen Hammerschlag geglättet. Der Reifen wird hierauf in eine »cold stover« genannte Maschine gebracht, wo er abgekühlt und auf die Felge aufgepresst wird.

Fabrikation von Röhren.

Das elektrische Schweiss- und Löthverfahren hat sich besonders bei der Verbindung von einzelnen Rohrstücken aus Eisen, Kupfer und Messing u. s. w. erfolgreich gezeigt. Grosse Längen Rohre werden in continuirlicher Weise gemacht, nachdem eine Länge an die andere angeschweisst wird. Es giebt, was die Länge und den Umfang einer Rolle Rohres anbelangt, keine Grenze mehr. Auch können Rohrstücke aus verschiedenen Metallen (z. B. Eisen- mit Messingrohren) zusammengeschweisst werden.

Es giebt Schweissmaschinen für 6-zöllige Rohre, bei welchen die Stromintensität bis zu 70.000 Ampères erreicht. Die Anzahl der verschiedenen, für Rohrend-Schweissungen angewendeten elektrischen Apparate ist ziemlich gross. In manchen werden ganze Längen Rohres erhitzt und für Biegungen weich gemacht.

Entweder dreht sich während der Schweissung das Rohr, oder aber es dreht sich ein Formir-Werkzeug um das Rohr herum. Es kann mit Hilfe der Apparate das Rohrende geschlossen oder erweitert werden, es wird abgeschnitten oder in verschiedene Formen gezogen (wie z. B. Hohlkugeln oder Becken), während die Temperatur des Metalles immer die gleiche bleibt. Das Rohrende kann erhitzt und dann gewalzt werden, um es dünner oder dicker

zu machen, es kann mit einem Schraubengang von innen und von aussen versehen werden. Während dieser Operation kann das Arbeitsstück mit Hydrocarbon-Gas oder Dampf umgeben werden, um das Ankrusten der Flächen zu vermeiden.

Fig. 114 zeigt einen der ältesten und seither bedeutend verbesserten Thomson'schen Schweissapparat für die Vereinigung von Stahl- oder Eisenrohren. Auf demselben können verschiedene Schweissungsarbeiten vorgenommen werden. Entweder werden die Stücke Ende-an-Ende zusammengestaucht, wobei in das Innere des Rohres ein Dorn eingeführt wird, so dass keine Ausbauchung nach innen stattfinden kann,*) oder aber die Rohrenden werden ineinandergesteckt und so zusammengestaucht.**)

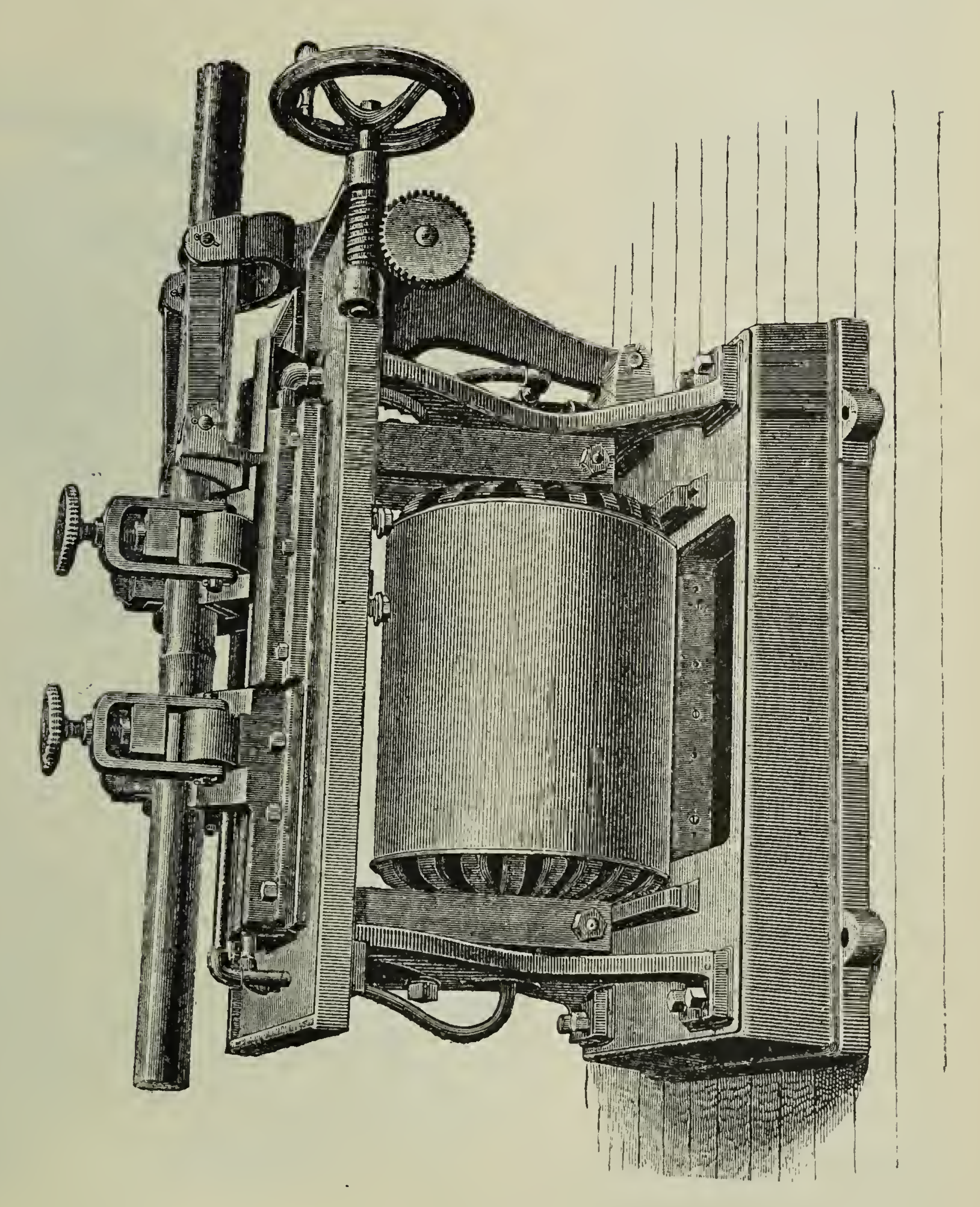
Die elektrische Schweissung von Röhren ist sehr bald in die Praxis übergegangen. Beispiele hievon sind die Werkstätten der Columbia Iron Works, Columbia O., Blymyer Ice Machine Company, Cincinnati O., Electric Pipe Bending Company, Newark N. J. u. s. w. In Europa functionirt eine derartige Anlage in Paris, Bourse du Commerce. Auch in England wird das Verfahren schon mehrfach angewendet. Bei der Herstellung von langen continuirlichen Spiralen war es seinerzeit, bei Anwendung des handwerksmässigen Verfahrens nothwendig, früher die ganze 150—200 Fuss betragende Rohrlänge in einem Stück herzustellen und dann mit dem Biegen zu beginnen, was ebenfalls mit einem Male geschehen musste. Bei Anwendung des elektrischen Verfahrens ist es möglich geworden, das Schweissen und Biegen zu gleicher Zeit auszuführen.

---

*) Amerik. Patent Nr. 432.653. Appl. fil. Mai 1, 1889.

**) Amerik. Patent Nr. 438.658. Appl. fil. Juni 26, 1890.

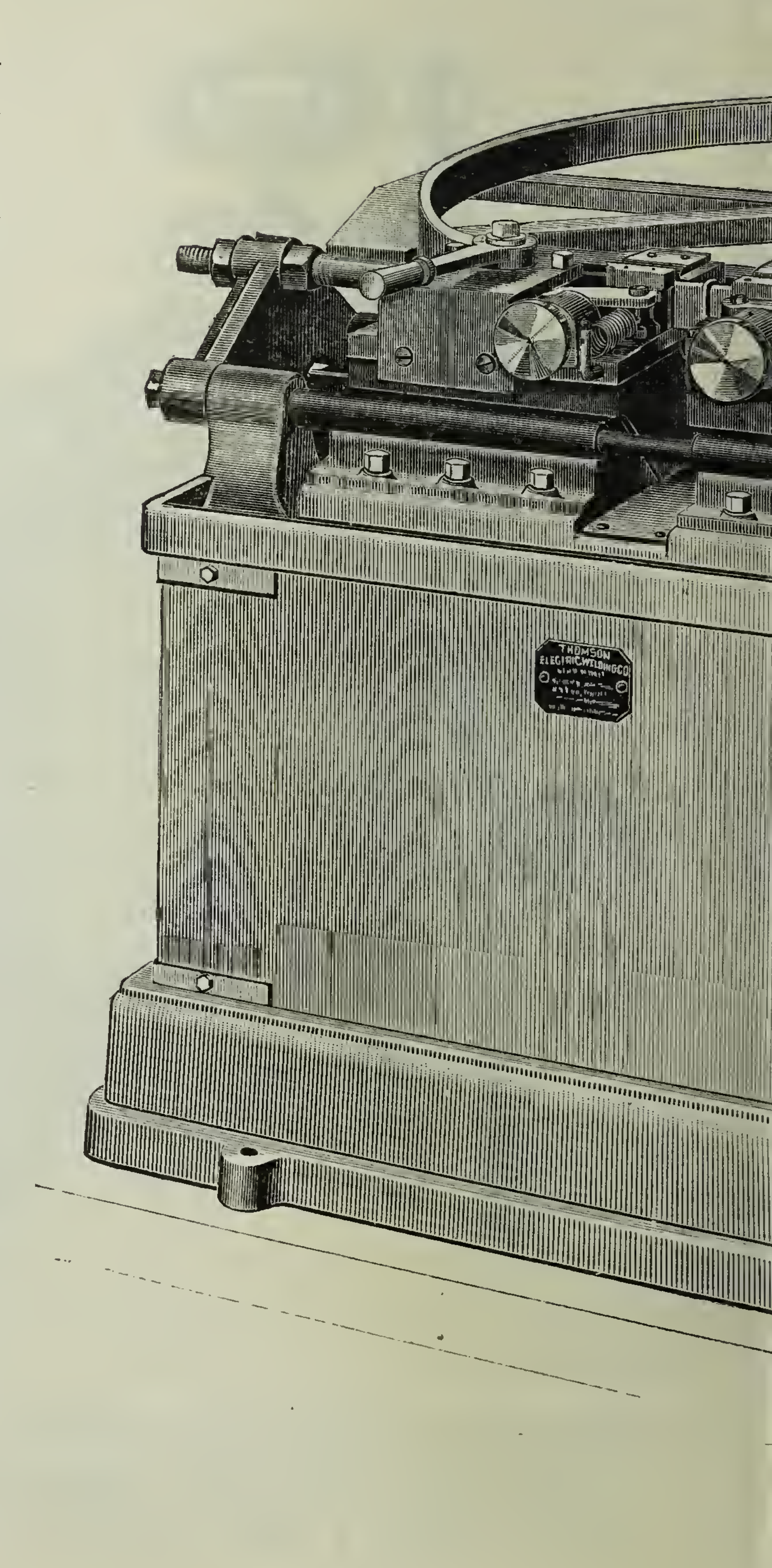
Fig. 114.



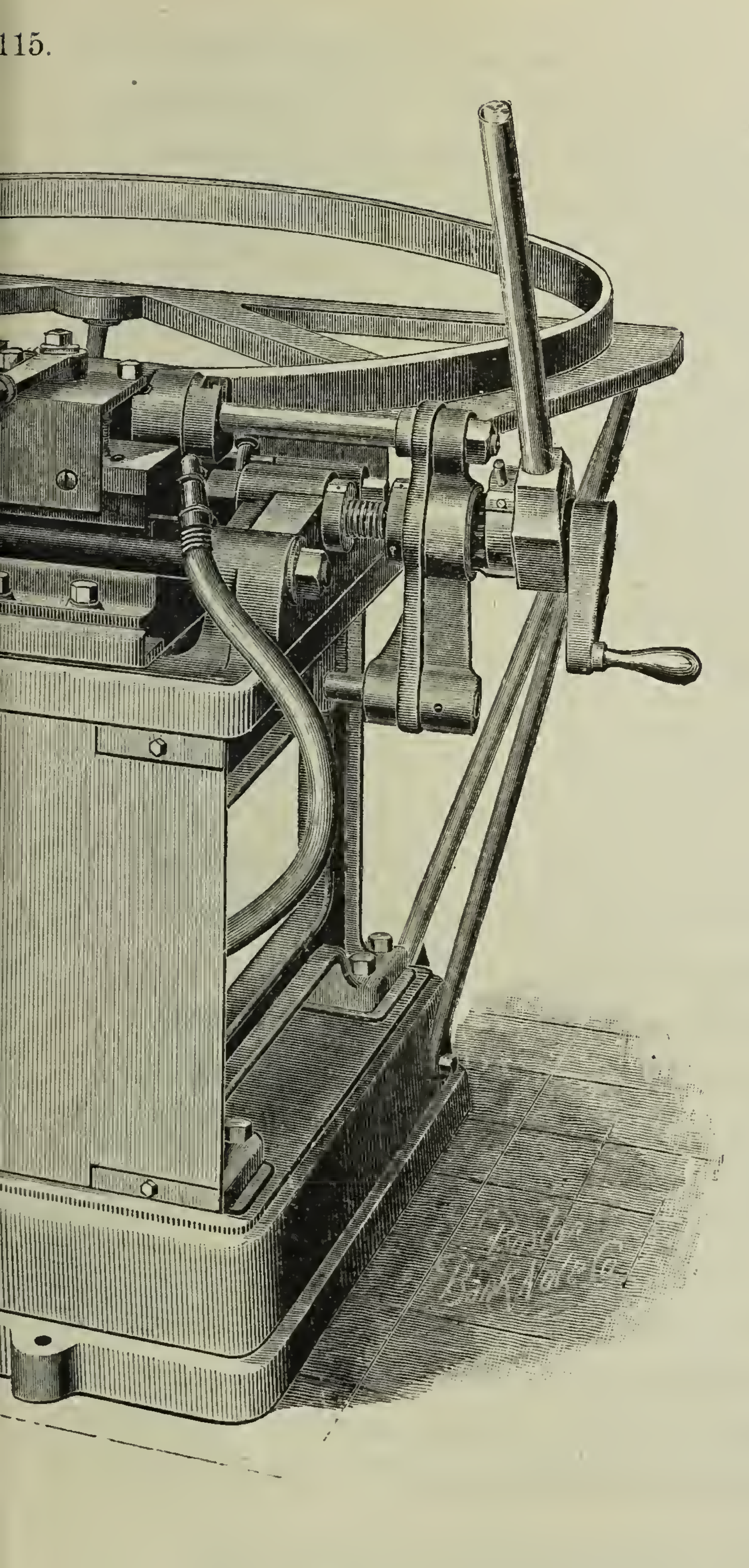
Die Ausbauchung der Schweissstelle wird mittelst eines pneumatischen Hammers geglättet. Die Schweissung der einzelnen Längen aneinander und die Glättung

geschieht so schnell, dass in dem Biegen der continuirlich erhitzten Röhre so lange kein Stillstand stattfindet, bis nicht die ganze Spirale vollendet ist.

Man hat natürlich auch schon daran gedacht, das elektrische Schweissverfahren nicht allein zur Vereinigung von Rohrstücken, sondern auch zur Herstellung von Rohren selbst zu verwenden. Man könnte Rohre aus Blechstreifen herstellen, welche von Hand oder von Biegemaschinen rund gebogen werden, und deren zusammenstossende, vom elektrischen Strom erhitzte Längsseiten dann durch Zusammenstauchen mit einander vereinigt wer-



115.



den.*) Bis jetzt hat die Industrie noch kein

*) Es käme dies ungefähr dem Johnson-schen Verfahren gleich, bei welchem das Rohr auf einem Schweissfeuer liegt, mit der zu schweissenden Naht nach unten. Ist genügende Erhitzung eingetreten, so wird das Rohr um 180° gedreht, ein Dorn hindurchgesteckt und von oben der Druck eines hydraulischen Kolbens darauf ausgeübt, so dass die Schweissung erfolgt. — Man könnte das elektrische Verfahren auch zur Herstellung von Siede-röhren verwenden, wobei die Ränder des Blechstreifens übereinander greifen und in der Schweisshitze zusammengepresst werden. (Siehe über Röhrenfabrikation Band CXXXX von Hartleben's Chemisch-Technischer Bibliothek: »Blech und Blechwaaren.« Von E. Japing.)

Die erwärmende Wirkung des elektrischen Stromes mag auch bei der Fabrikation von gezogenen Röhren angewendet werden, so dass der Schweiss-Ofen wegfällt.

Verlangen nach einer derartigen Anwendung des elektrischen Verfahrens gezeigt und dies mag auch der Grund sein, dass bis jetzt kein Apparat für elektrische Fabrikation von Rohren auf den Markt gekommen ist. Thomson hat übrigens ein Patent*) auf ähnliche Apparate genommen und solche auch construirt, die jedoch bis jetzt noch nicht in Gebrauch gekommen sind.

Lloyd und Howard haben es unternommen, den Benardos-Process für die Fabrikation von Röhren zu verwenden. In den Werkstätten von Lloyd & Lloyd wurden bis jetzt Eisen- und Stahlrohre von grossem Durchmesser mittelst Gaslöthung hergestellt. Der Wunsch, den elektrischen Löthprocess in Anwendung zu bringen, lag sehr nahe und es wurden mit demselben Versuche angestellt, über deren Resultate nichts Bestimmtes verlautet. Wir wissen nur, dass Howard mehrere Neuerungen des Benardos'schen Verfahrens patentirt erhielt, auf Grund welcher verschiedene Stahl- und Eisenartikel verfertigt werden, welche auf gewöhnlichem Wege bisher nicht erzeugt werden konnten, und deren fabriksmässige Herstellung in Bälde erfolgen soll. Es soll ferner ein Uebelstand des alten Verfahrens, nämlich seine Schädlichkeit für das Augenlicht der Arbeiter, gänzlich beseitigt worden sein.

Ries in Baltimore hat ein Patent zur Herstellung von endlosen Rohren genommen, welches vornehmlich die Erlangung einer glatten inneren Fläche des Rohres zum Gegenstande hat. Dieselbe soll dadurch erhalten werden, dass während der Schweissung in das Innere

---

*) Amerik. Patent Nr. 403.707, Appl. fil. Aug. 22, 1887.

der Röhre comprimirte Luft oder eine Flüssigkeit von grossem Druck eingeführt wird.*)

Schrauben, Bolzen und Nieten.

Elihu Thomson will Schrauben und Bolzen auf eine solche Weise machen, dass die Spindel und der Schraubengang getrennt von einander hergestellt werden. Mit Hilfe eines mechanischen Apparates wird der Schraubengang um die Spindel gewickelt und mittelst elektrischer Schweissung auf die Spindel aufgesetzt.**)

Einen Apparat zur Herstellung von Nieten hat sich Burton patentiren lassen. In demselben fällt das auf die richtige Länge abgeschnittene Stangenstück auf zwei elektrische Contacte und schliesst hiedurch den Stromkreis einer Elektricitätsquelle. Durch den Strom erwärmt, wird das Stück dann von einer Klammer erfasst und auf den Ambos gebracht. (S. Seite 164). Der Apparat hat bis jetzt gute praktische Resultate ergeben.

Nietungen.

Die elektrische Nietung besteht nach dem Thomson'schen Verfahren darin, dass der Niet in die Lochung eingeführt und an Ort und Stelle durch den elektrischen Strom erhitzt wird, worauf dann die Vernietung auf gewöhnlichem Wege erfolgt. Es geht aus zahlreichen Versuchen hervor, dass alle Gattungen von Nieten angewendet und alle Formen von Köpfen (hervorstehende oder versenkte) auf elektrischem Wege hergestellt werden können. Man kann als Niet ein gerades Stück Stabeisen benützen und beide Köpfe,

---

*) Engineering and Mining Journal, June 1889.

**) Amerik. Patent Nr. 398.912. Appl. fil. Mai 17, 1888.

rundköpfig oder versenkt, zu gleicher Zeit herstellen. Die Erwärmung des Nietes kann so schnell erfolgen, dass die Hitze auf die Platten nicht übergeht; es kann aber auch die Erwärmung so langsam erfolgen, dass die Platten sich mit erwärmen und der Niet an dieselben anschmilzt. Natürlich benöthigt man hiefür grosse Intensität, dafür aber schwache Potentialdifferenz des Stromes. Der Grad der Anwendbarkeit dieses Processes wird in jedem einzelnen Falle von den localen Bedingungen und Erfordernissen abhängen. Die Operation ist weiter nichts als ein modificirter »Aufstauchprocess«,*) in welchem das Arbeitsstück zwischen den stromzuführenden Klemmen erhitzt wird. Es ist, nach Thomson, bei dieser Operation natürlich nicht nothwendig, dass die ganze Länge des Nietes gleichmässig erhitzt werde, oder dass beide Köpfe mit einem Male hergestellt werden müssen.

In Wirklichkeit soll der Schliesskopf des Nietes den Strom von dem Niethammer, als von einem Pole der Elektricitätsquelle kommend, erhalten, während der andere Pol an die zu nietenden Platten geleitet wird, was besonders dann von Vortheil sein soll, wenn der Niet lang und die Platten dick sind. Wie Thomson die Vernietung auf elektrischem Wege ausführt, geht aus Fig. 115 hervor.

Wie ersichtlich, sind die beiden zu vernietenden Platten nicht von einander isolirt. Die Niete bildet den Kurzschluss zwischen den beiden Polen der Elektricitäts-

---

*) Siehe »On Welding by Electricity«, by Prof. Elihu Thomson. Siehe auch D. R.-P. Kl. 49, Nr. 50.243.

quelle. Dewey behauptet nun, dass bei diesem Verfahren blos die Enden des Nietes erhitzt würden, während jener Theil des Nietes, welcher die Platten berührt, verhältnissmässig kühler bleibe. Durch Zusammenstauchen des Nietes werden die Nietenköpfe hergestellt, welche die Platten zusammenhalten, wobei nach Dewey, eine grosse Stromverschwendung stattfindet. Dewey schlägt vor,*) die Platten von einander zu isoliren, wobei blos der Niet ins Glühen geräth und an die beiden Platten anschmilzt. Die Isolirung der Platten unter einander will

Fig. 115a.

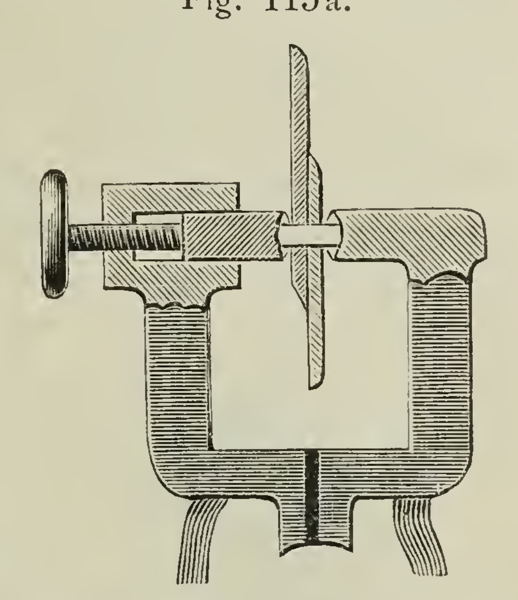
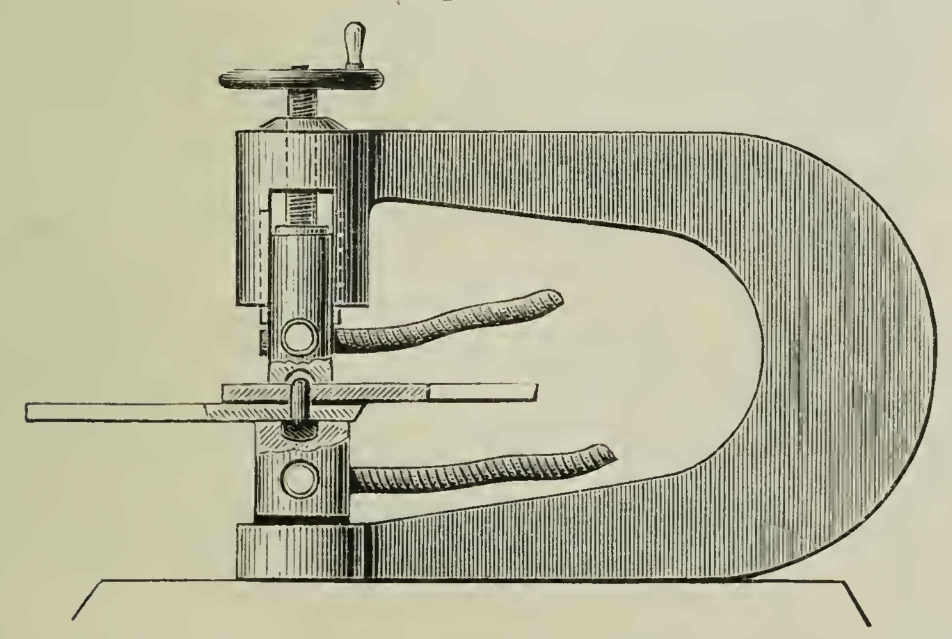


Fig. 116.

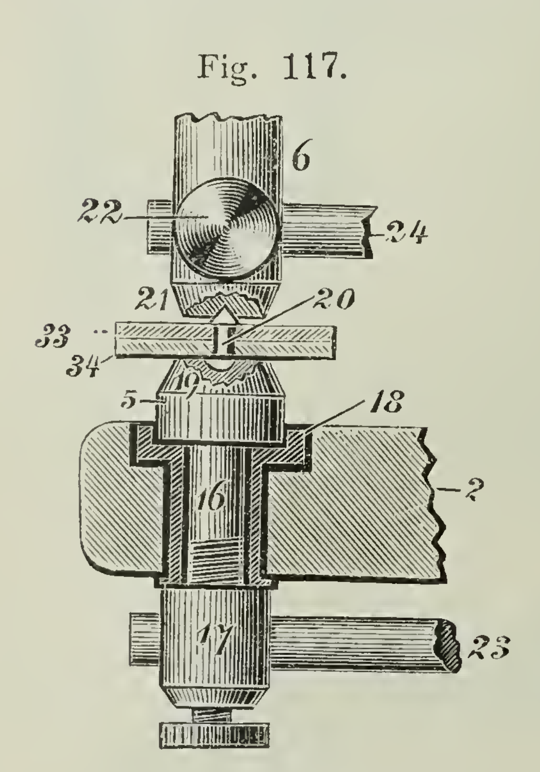


Dewey durch einen auf letztere aufgetragenen einfachen Anstrich von isolirender Farbe herstellen. (Siehe Fig. 116.)

*) Amerik. Patent Nr. 432.727 dated July 22, 1890. Appl. filed April 24, 1890.

Elias Ries hat einen Nietapparat construirt,*) welcher aus einem »Ambos« (Vorhalter) und einem Hammer besteht, der durch Dampf bethätigt wird. Wie aus Fig. 117 ersichtlich, ist der Ambos 16 von der Eisenmasse des Apparates durch das Material 18 isolirt. Das obere Ende des Ambos läuft in einen Conus 19 aus, welcher eine Aushöhlung zur Aufnahme des einen Endes des Nietes 20 besitzt. Der Hammer 6 ist von cylindrischer Form, und endet ebenfalls in einen Kegelstutz 21. Die in selbem befindliche Aushöhlung ist entweder conisch oder von anderer Form, je nachdem der Kopf des Nietes geformt sein soll. 23 und 24 sind die stromzuführenden Leiter, welche in die Klemmen 17 und 22 ausmünden.

Fig. 117.



Bei einem anderen Verfahren isolirt Ries den Niet von den Platten, indem er den Niet entweder mit isolirender Farbe bestreicht oder ihn gar in dünnes isolirendes Material einhüllt, welches verdampft, sobald der Niet auf den Schmelzpunkt gebracht wurde.**)

---

*) Amerik. Patent Nr. 403.374, dated May 14, 1889. Appl. filed September 15, 1888.

**) Amerik. Patent Nr. 404.306 dated May 28, 1889. Appl. filed March 5, 1889.

Benardos schlägt eine halbe Nietung vor. Von den beiden zu vereinigenden Blechen wird blos eines gelocht, und wird in die Lochung das mittelst Lichtbogens geschmolzene Metall eingetropft, welches dann die beiden Bleche verbindet, d. h. dieselben gewissermassen zusammenkittet. Ein anderes Verfahren des genannten Erfinders besteht darin, dass der aus den Platten hervorragende Niet an seinen beiden Enden durch einen Lichtbogen ins Schmelzen gebracht wird. Die hiedurch an den Enden entstehenden Ausbreitungen des geschmolzenen Metalls vertreten die Stelle von Nietköpfen.*)

Schweissung von Schienen.

Elias Ries ist einer der Ersten, welche es versuchten, einen continuirlichen Schienenstrang herzustellen, dessen einzelne Stücke mittelst Elektricität aneinander geschweisst wurden. Da es hiebei von Wichtigkeit ist, dass die geschweissten Theile ihren ursprünglichen Härtegrad bewahren (was besonders bei Stahlschienen verlangt wird), hat Ries auch für die nachträgliche Härtung der geschweissten Theile vorgesorgt.**) In Fig. 118 wird der combinirte Schweiss- und Härtungsapparat dargestellt. *A A* sind die Schienen, welchen durch die Klemmen *B B* der Strom zugeführt wird. Sobald die Schweissung vorüber ist, wird sogleich mit der Härtung begonnen. Das hiezu verwendete

---

*) Rapport présenté à la troisième session du congrès international des Chemins de Fer, Paris, 1889.

**) Amerik. Patent Nr. 370.282 dated September 20, 1887, Appl. fil. February 26, 1887.

Material ist in dem Kasten *J* enthalten, welcher längs der Schienen verschoben werden kann. Die stromzuführenden Klammern befinden sich auf einer verschiebbaren Platte *E*, welche ihrerseits auf der schief gelagerten Basis *F* gleitet, deren Neigungswinkel mit Hilfe einer Schraube nach Belieben verändert werden kann. Otis Stuart*) hält die Herstellung eines Schienenstranges

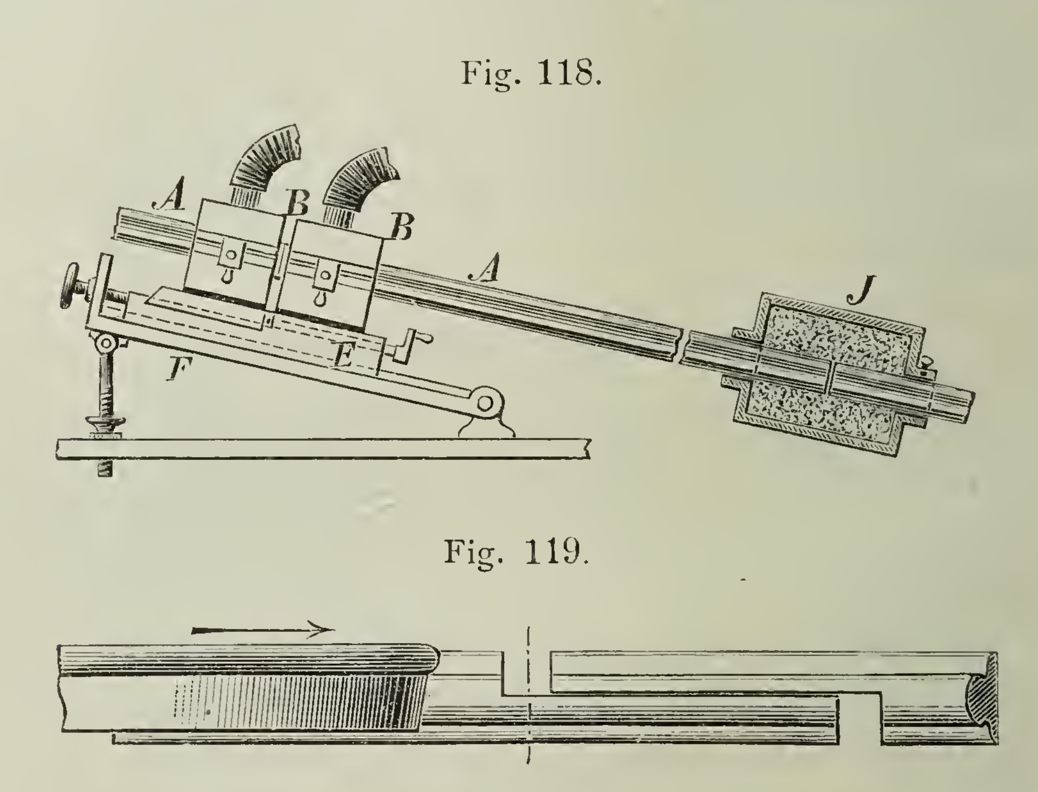


Fig. 118.

Fig. 119.

mittelst elektrischer Schweissung für unausführbar, da eine gleichmässige Härtung der einzelnen Theile unmöglich sei, und infolge der grossen täglichen Temperatur-Unterschiede in Amerika, zwischen den einzelnen Schienenlängen (welche nach Ries 1000 Fuss betragen sollen), mehr als ein Fuss Spielraum gelassen werden müsste, wodurch dem Verbiegen und Reissen der Schienen noch keineswegs ganz Einhalt gethan werden könnte.

*) Electrical Engineer, Juni 1888 New-York.

Dieser Anschauung tritt Ries*) entgegen, indem er behauptet, dass ein Temperatur-Unterschied von 25 Graden eine Ausdehnung von blos einem halben Zoll an den Extremitäten einer Schienenlänge von 500 Fuss hervorbringt, welche Ausdehnung natürlich für eine Länge von 1000 Fuss die doppelte ist. Um diese Variationen in der Schienenlänge zu compensiren, wendet Ries »expansion joints« von besonderer Construction an. Dieselben bestehen aus einem steifen länglichen mit einer Nuth versehenen Sattel, in welchen die Enden zweier nahe an einander befindlicher Schienenlängen eingeführt werden. Die Schienenenden sind wie in Fig. 119 geformt.

Die Schweissung der Schienen wird mittelst eines fahrbaren Apparates bewerkstelligt, welcher auf den Schienen rollt und aus Dampfmaschine, Motor, Dynamomaschine und dem beschriebenen Schweissapparat besteht. Derselbe kann auch mit einem Apparate zum Legen von Schienen verbunden werden.**)

Zusammenschweissung von Schienen auf elektrischem Wege mittelst des gewöhnlichen Thomson'schen Schweissverfahrens wird von der Johnson Rail Company in Johnstown Pa. praktisch ausgeübt.

Eisenbahnzwecke.

In einer Note, eingereicht durch Werchovsky auf dem dritten »Congrès International des Chemins de Fer« vom Jahre 1889, behauptet Benardos, dass sein Verfahren mit Erfolg und auf industriellem Wege für

*) Street Railway Journal, New-York, November 1889.

**) Amerik. Patent Nr. 444.855, dated January 20, 1894. Appl. fil. Aug. 2, 1890.

die Eisenbahnen nutzbar gemacht worden wäre. Es seien Reparaturen ausgeführt worden an Federnbüchsen, Locomotiv-Pleuelstangen, Feuerbüchsen, Rädern, Waggon-Beschlägen u. s. w. Ueberhaupt gäbe es nach ihm keinen Metalltheil an Locomotive, Tender und Wagen, welcher nicht durch sein Verfahren reparirt werden könnte, insbesondere: Rahmen für Locomotiven-Kessel, Bandagen der Räder, Radgestelle, Längebalken, Axengabeln, Dampfcylinder, Dampfschieber, Pufferplatten, Waggonrahmen u. s. w. u. s. w. Werchovsky behauptete, dass für alle diese Reparaturen Zeugnisse über gute Ausführung vorliegen.*)

Die Figuren 120, 121 und 122 zeigen die Art der ausgeführten Reparaturen.

Ein Bericht über die Resultate des Benardos'schen Verfahrens in der Werkstätte der Orel-Vitebsker Eisenbahn zählt folgende Arbeiten auf: Die Reparatur von Herzstücken mit Flügelschienen, Reparatur von Schieberrahmen, Locomotivkesseln, -Rädern mit gesprungenen Kränzen und Speichen. Auf Grund der gelungenen Verlöthung eines Locomotivschiebers mit phosphorhaltigem Kupfer, habe man die Absicht, gusseiserne Schieber herzustellen, die man dann mit phosphor-

*) Es ist merkwürdig, dass trotz alledem der Congress folgende Ansicht aussprach: »Les seuls procédés du travail électrique des métaux qui soient arrivés à un certain développement, sont encore dans la période d'expérience. L'Assemblée décide en conséquence de porter de nouveau la question à l'ordre du jour d'une prochaine session.« (Die einzigen Verfahren der elektrischen Bearbeitung der Metalle, welche zu einer gewissen Entwicklung gelangt sind, befinden sich noch im Versuchsstadium.)

haltigem Kupfer überschichten will. Axentheile, die abgenützt sind, werden mit einer Schicht Stahl aufgelöthet, gehämmert und bis zum richtigen Durchmesser abgedreht.

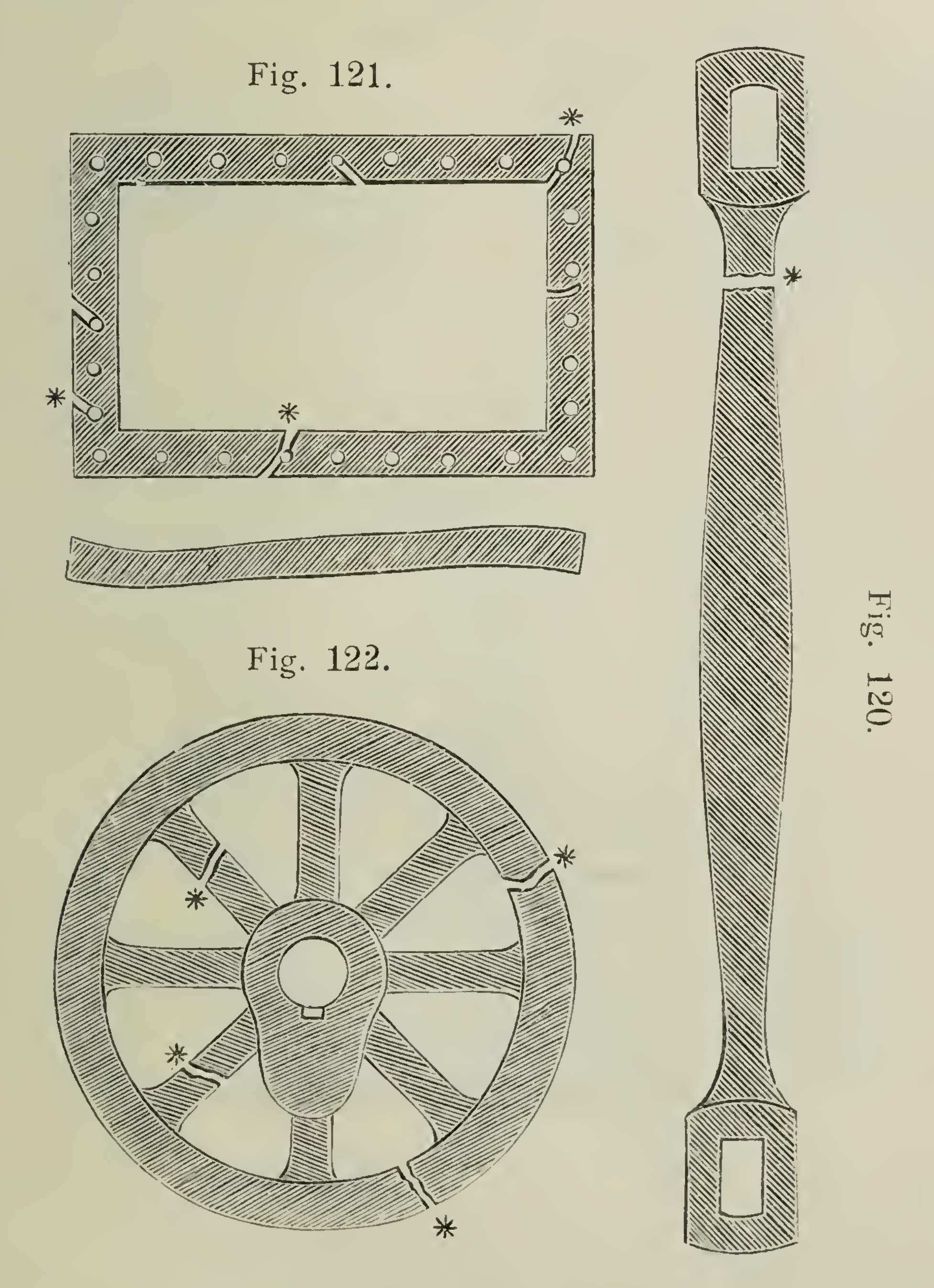


Fig. 121.

Fig. 122.

Fig. 120.

Waaren aus leichtflüssigen Metallen.

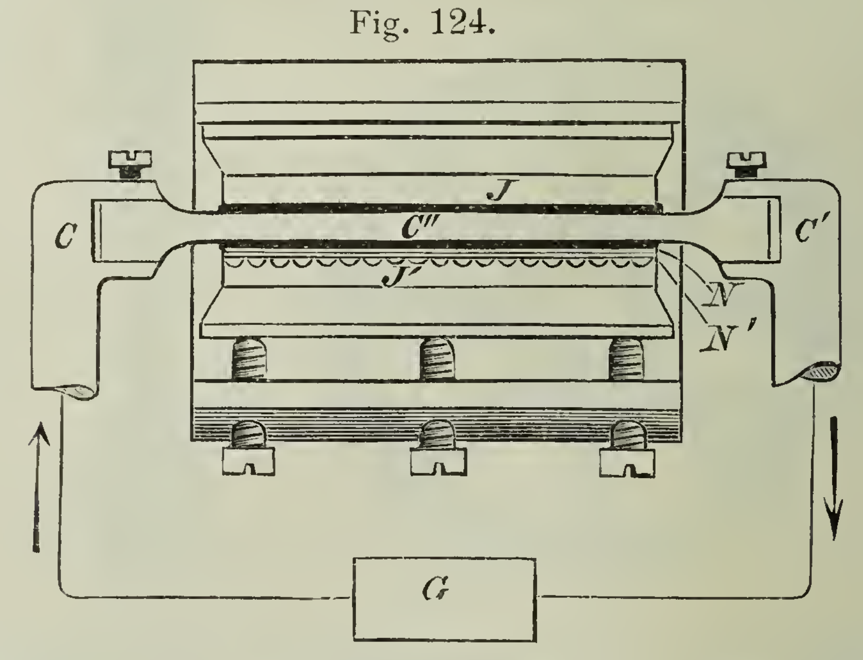
Eine neue Methode Elihu Thomson's hat den Zweck, leichtflüssige Metalle nicht direct durch Er-

hitzung mittelst elektrischen Stromes, sondern mit Hilfe jener Wärme zusammenzulöthen, welche von einem abgesonderten Leiter ausgeht und welch' letzterer von einem denselben erhitzenden Strom durchflossen wird. Es ist dies eine Art elektrischer Löthkolben.*)

Fig. 123.

Dieser Hitzeleiter ist in Fig. 123 und 124 in *C''* dargestellt. Er ist mittelst der grossen Klemmen *C* und *C'* in den Stromkreis einer Elektricitätsquelle *G* eingeschaltet. Zwei Backen *J* und *J'* dienen dazu, den Löthkolben mit den zu löthenden Gegenständen zusammenzupressen. Der Kolben ist von den Arbeitsstücken *N N'* durch Glimmerblättchen isolirt.

Fig. 124.



In Fig. 125 und 126 sehen wir die praktische Anwendung des Systems. Es handelt sich darum, einen

*) Lumière Electrique XXXVI, Nr. 24.

Zinnteller mit seinem Rande zusammenzulöthen. C'' ist ein ringförmiges Lötheisen, NJ sind die Theile des Tellers.

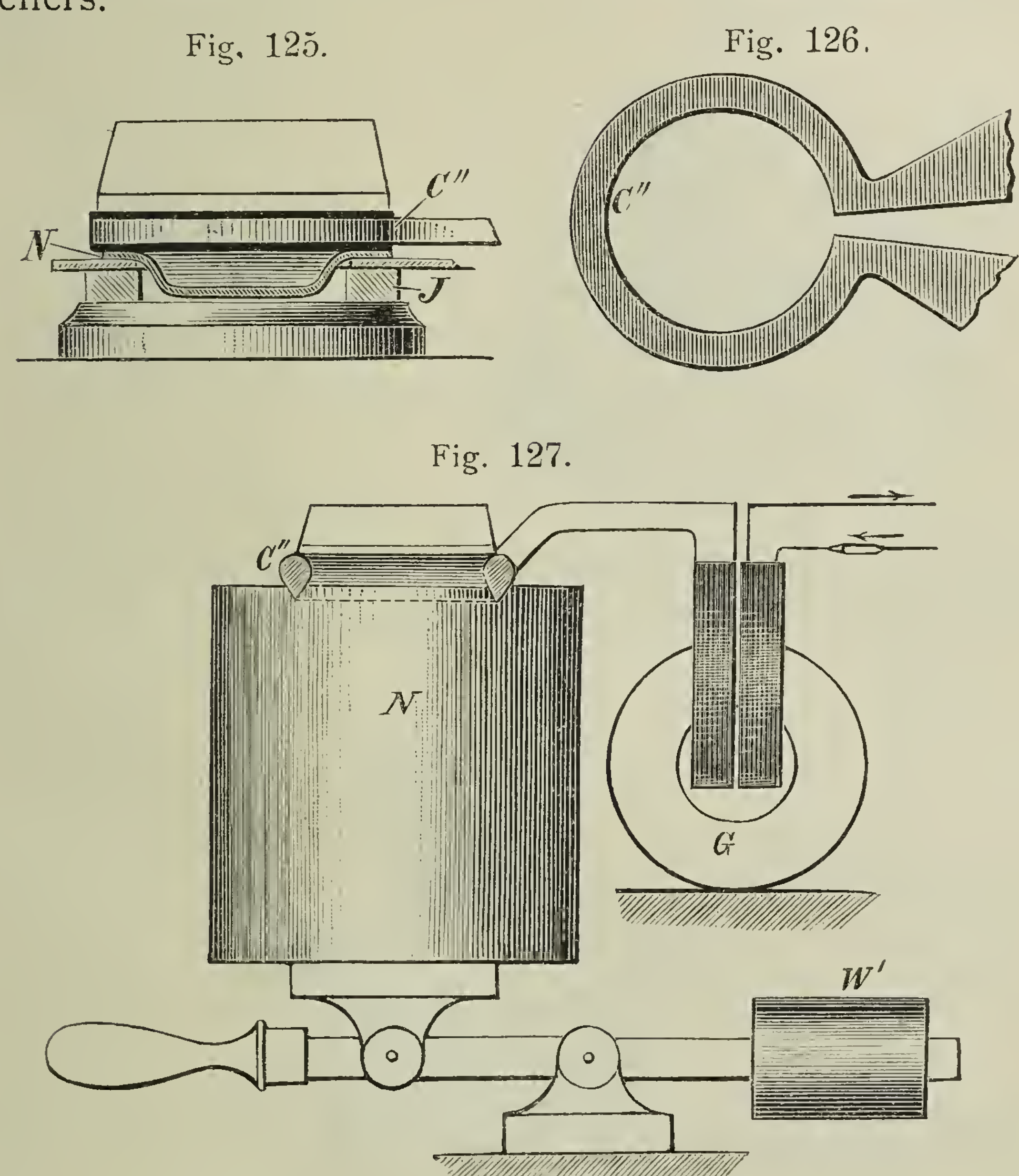


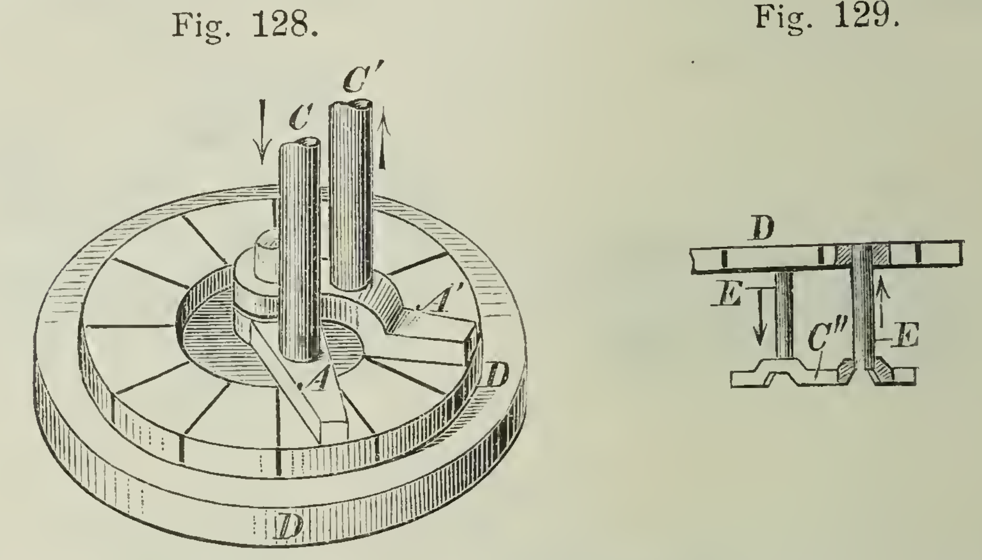
Fig. 125. Fig. 126.

Fig. 127.

In Fig. 127 finden wir das ringförmige Lötheisen wieder, welches diesmal durch den Strom eines Transformators erhitzt wird. Das zu löthende Zinngefäss N befindet sich auf einem mit dem Contregewicht W' versehenen Hebel und wird an das Lötheisen angedrückt.

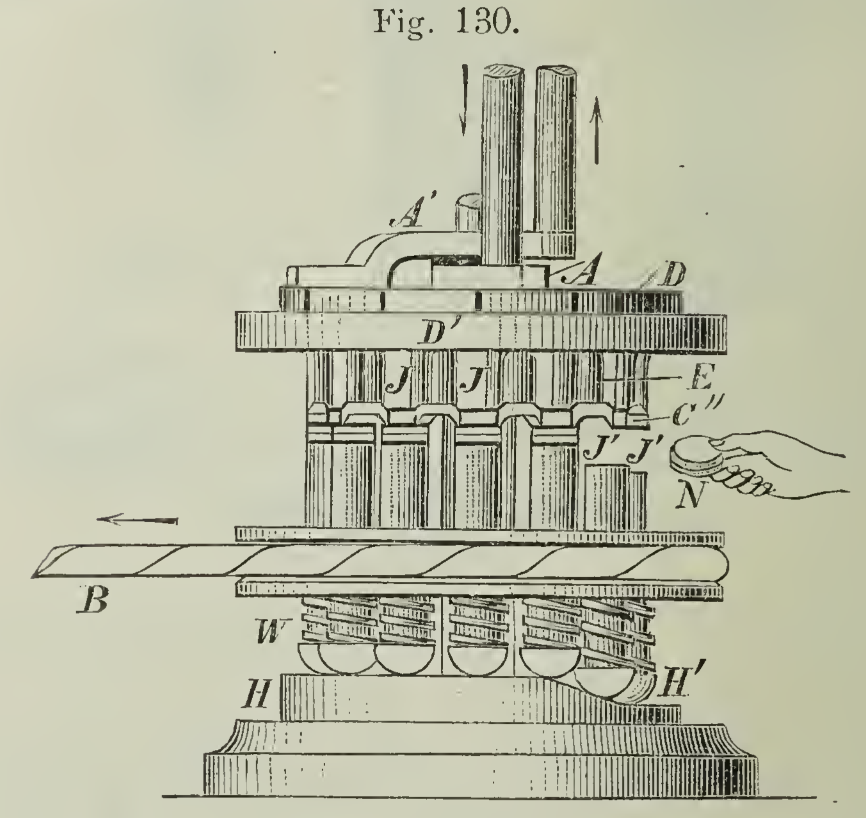
In Fig. 128, 129 und 130 sehen wir einen automatischen Löthapparat, welcher zur fabriksmässigen

Fig. 128. Fig. 129.



Löthung von einer gewissen bestimmten Gattung gleichgeformter Gegenstände dienen kann. *C C'* sind

Fig. 130.



die von der Elektricitätsquelle kommenden Drahtenden. *A A'* sind die Schleifcontacte, in welche der Draht ein-

mündet. Von hier aus geht der Strom durch die Platten $D D'$ und durch die Stifte E zu dem Lötheisen C'', von welchen es auf unserer Abbildung zwölfe, im Kreise angeordnet, giebt.

Die zu löthenden Gegenstände werden auf Hälter J' (in diesem Falle Cylinder) aufgeschoben, welche auf einer Scheibe aufgekeilt sind. Diese Scheibe W wird mittelst eines Riemens oder Seiles B in Drehung versetzt. Die Scheibe führt in ihrer Umdrehung die Hälter längs einer schiefen Ebene HH' hinauf. Die Hälter werden dadurch zwischen H und J successive an die Lötheisen angepresst, wo sie der Erhitzung harren. Der Riemen bethätigt zu gleicher Zeit auch die Scheibe D', welche den Lötheisen den Strom successive zuführt. Sobald die Arbeitsstücke an die Lötheisen angepresst sind, stellt die rotirende Scheibe D' den Contact für das betreffende Lötheisen für kurze Zeit her. Die Arbeitsstücke bleiben noch eine Weile zusammengepresst, wenn der Contact schon unterbrochen ist, damit die Löthung eine gute werde. Sobald die Zusammenpressung aufgehört hat, fallen die gelötheten Gegenstände, von der Feder weggeschnellt, ab.

Modelliren und Formen von Metallstücken.

Hermann Lemp hat sich folgenden Vorgang patentiren lassen: Ein Metallstück wird zwischen zwei Klammern eingespannt und durch den elektrischen Strom erhitzt. Sobald die Temperatur eine genügend hohe ist, schneidet oder bricht ein Apparat das erhitzte Metall auseinander. Zwischen die getrennten Theile stellt sich nun eine Form oder Modell, worauf die

warmen Metallstücke gegen dieselbe gepresst werden, so dass sie die gewünschte Form oder Gestalt annehmen.*)

Ein älteres Verfahren Thomson's besteht ebenfalls darin, dass die zu formenden Stücke vom elektrischen Strom erhitzt und derart weich gemacht werden, dass sie nach Belieben in die Formen gepresst werden können.**)

In einem complicirten Apparate Burton's wird ein Stück Rundeisen eingeführt. Durch eine Schneidevorrichtung wird von dem Eisen die gewünschte Länge abgeschnitten. Das abfallende Stück wird durch eine elektrische Vorrichtung erhitzt und dann durch eine elektrische Schmiede- oder Pressvorrichtung in die gewünschte Form gebracht.***) (Siehe den Abschnitt »Die elektrische Schmiede«.)

Blechwaaren.

Herstellung und Verschluss von Metallbüchsen.

Mark Dewey verwendet den elektrischen Strom zur Erwärmung der Löthkolben in Maschinen, mittelst welchen der Verschluss von Metallbüchsen hergestellt wird. In diesen Maschinen befinden sich rotirende cylindrische Lötheisen, welche auf- und abwärts geschoben werden können. Unabhängig von diesen Lötheisen giebt es noch sogenannte »presser-irons«, welche

*) Amerik. Patent Nr. 432.630 Appl. fil. April 2, 1890.
**) Amerik. Patent Nr. 434.520. Appl. fil. August 8, 1889.
***) Amerik. Patent Nr. 438.525. Appl. fil. Aug. 12, 1880.

den Deckel auf der Büchse solange festhalten, bis das aufgetragene Loth nicht kühl geworden ist. Das Löth-eisen wird beständig warm erhalten; sobald das Loth um den Deckel herum aufgetragen ist und der Verschluss ein guter scheint, wird das Löthwerkzeug weggeschoben.

Das Loth wird in Form eines Ringes um die Verbindungsstelle gelegt und vom Lötheisen ins Schmelzen gebracht.*)

Patronenhülsen.

Ein Apparat zur Fabrikation von Patronenhülsen wurde von Mark Dewey angegeben. Das Blech wird durch den elektrischen Strom erhitzt, durch eine Schneidevorrichtung in erforderlicher Grösse abgetrennt und dann durch eine Presse in die gewünschte Form gebracht.**)

Werkzeuge.

Das elektrische Schweissverfahren wird mit gutem Erfolge angewendet zur:

Verlängerung von Bohrern, Meisseln, Stemm- und Brecheisen u. s. w.

Verlängerung von Schraubenbolzen und Verkürzung derselben;

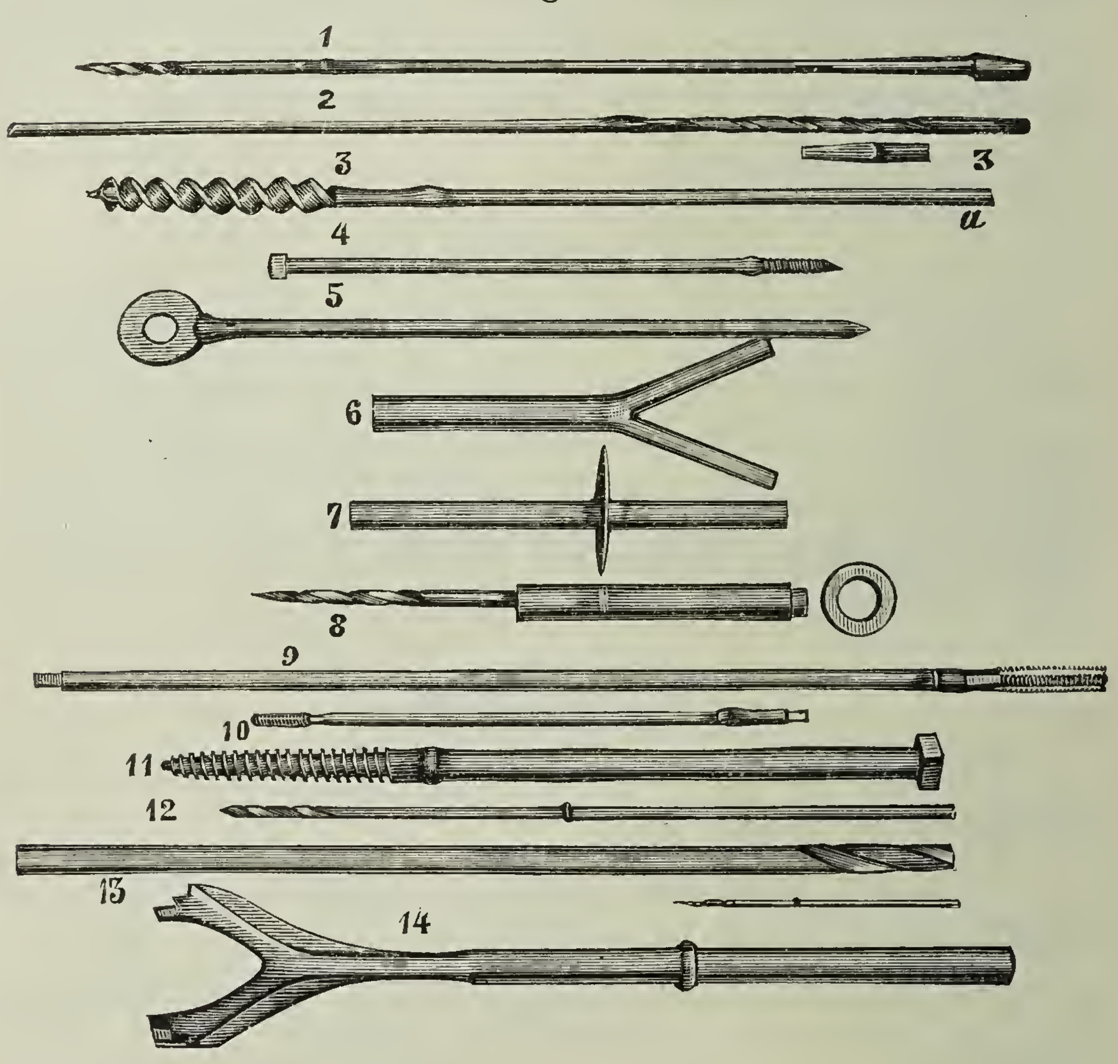
---

*) Amerik. Patent Nr. 445.770, dated February 3, 1891, Appl. fil. Sept. 27, 1890; Patent Nr. 443.748 dated December 30, 1890, Appl. fil. October 4, 1890; Patent Nr. 438.406, dated October 14, 1890. Appl. fil. May 17, 1890. — Siehe auch »The Metal Worker« New-York, 21. Februar 1891.

**) Amerik. Patent Nr. 438.409 dated October 14, 1890, Appl. fil. May 17, 1890.

Vereinigung kurzer Stücke von Achsen und Wellen; Zusammenstückelung gebrochener Werkzeuge; Schweissung von Stahl an Stahl oder Eisen im Allgemeinen.

Fig. 131.



Nachstehende Beispiele (Fig. 131) zeigen die Art der Anwendung des elektrischen Verfahrens.

1. Spiralbohrer, welcher durch Einsetzung eines Stückes zwischen Kolben und Spirale verlängert wurde. 2. Stange, bestehend aus einem geraden Stahlstück, welches an ein Stück Spiralbohrer angeschweisst wurde. Die Spirale besteht aus drei Stücken, welche ebenfalls

auf elektrischem Wege zusammengeschweisst wurden. 3. Ein Holzspiralbohrer, welcher durch Einsetzung eines Stückes zwischen Kolben und Spirale verlängert wurde. 4. Holzschraube, verlängert durch Einsetzung eines Stückes zwischen Kopf und Gewinde. 5. Eisenstange, an die Kante einer Eisenscheibe angeschweisst. 6. Gabel, hergestellt aus drei Stahlstücken. 7. Dünne Stahlscheibe zwischen zwei Eisenstücken. 8. Kleiner Spiralbohrer, angeschweisst an das Bohrfutter. 9. und 10. Verlängerte Kluppenbohrer. 11. Verlängerte Holzschraube. 12. und 13. Verlängerte Spiralbohrer. 14 Gabel aus Gusseisen, geschweisst an ein cylindrisches Gusseisenstück, welches wieder an eine schmiedeiserne Stange angefügt wurde.

Bandsägen werden mit Erfolg auf elektrischem Wege von der E. C. Atkins Company in Indianapolis, Ind. zusammengeschweisst. Ausser der Herstellung von Verbindungen an endlosen Sägen wird in diesen Werkstätten auch die Ausbesserung von abgenützten Sägen dergestalt betrieben, dass die schadhaften Zähne durch neue ersetzt werden, welche letztere an das Band angeschweisst werden. Ein auf die Schweissstelle gebrachter Tropfen Oel bewirkt die Härtung des neuen Zahnes.*)

*) Schweissungen von kohlenstoffreichem Stahl sind die schwierigsten, weil die durch Härtung und mechanische Bearbeitung erlangten Eigenschaften desselben durch die Erhitzung verloren gehen. Dass in vorliegendem Fall die Härtung der geschweissten Stelle durch auf dieselbe getropftes Oel wieder hergestellt wird, kann nur darauf beruhen, dass durch die Verbrennung des Oels der durch die Erwärmung verminderte Kohlengehalt des Stahles wieder annähernd auf seine ursprüngliche Menge zurückgeführt wird.

Stahlwellen bis zu $1^1/_2$ Quadratzoll Querschnitt werden in den Werkstätten der Studebaker Bro's Manufacturing Co. in South Bend, Ind. auf elektrischem Wege zusammen geschweisst. Sofort nach vollzogener Operation wird die Schweisstelle unter einen Hammer gebracht, welcher 300 Schläge in der Minute macht.

Kriegszwecke.

Lieutenant M. W. Wood von der Kriegsmarine der Vereinigten Staaten, befasst sich mit der Herstellung von Projectilen mit Zuhilfenahme des elektrischen Schweissverfahrens.*) Ein Shrapnel wird aus drei Stücken angefertigt: der Kopf und die Basis des Projectils sind aus comprimirtem Gussstahl, der Körper oder das Mitteltheil ist durch ein einen Viertelzoll dickes Stahlrohr gebildet. Die Herstellung des Shrapnels geschieht auf folgende Weise: Zuerst wird durch Zusammenstauchen der Kopf an das Mitteltheil geschweisst; hierauf wird das Messingrohr, durch welches die Flamme des Zünders in die an der Basis befindliche Pulverkammer geht, an dem oberen Ende des Projectils befestigt. Das halb fertige Projectil wird dann umgekehrt, mit kleinen Kugeln gefüllt und mit geschmolzenem Schwefel vollgegossen. Sodann wird der Spiegel

*) Amerik. Patent Nr. 424.441. Appl. filed Nov. 7. 1889. »The invention consists in forming the hollow body of the projectile as a separate tubular section, separately forming the point of the projectile and then welding the two together by the electric welding process.«

oder das Diaphragma, welches die Pulverkammer abschliesst, an seinen Platz gebracht und mit dem anderen Ende des Messingrohres verbunden. An das auf diese Weise hergestellte Stück wird endlich durch Zusammenstauchen die Basis angeschweisst, wobei zu bemerken ist, dass die letztere mit einer »Nabe« versehen ist, welche dicht an das Diaphragma anstösst und das letztere gegen den durch die Entladung bewirkten Stoss unterstützt. Sobald die beiden erwähnten Schweissungen vollendet sind, besitzt das Shrapnel eine einheitliche Oberfläche, als wenn es aus einem Stücke wäre, und ist nun zur weiteren Manipulation fertig.

Die zur Panzerdurchbohrung bestimmte Granate (armor piercing shell) wird ebenfalls aus drei Stücken hergestellt. Kopf und Basis des Projectils werden durch einen Hammer in die richtige Form geschmiedet; das Mittelstück besteht aus einem Stahlrohrstück. Diese drei Theile werden in den Schweissapparat eingespannt und durch Zusammenpressung zu einer homogenen Masse vereinigt, welche später gehärtet wird. Bis jetzt wurde dieses Projectil in Amerika aus einem soliden Stahlstücke hergestellt, aus dessen fester Masse die zur Aufnahme der Pulverkammer nöthige Höhlung von der Basis aus ausgebohrt wurde. Diese Aushöhlung wurde dann mit einem Schraubenstöpsel verschlossen, in dessen Mittelpunkt sich eine kleinere Oeffnung zur Aufnahme des Percussionszünders befand. Durch die elektrische Schweissung fällt der Bohrprocess fort. Die übrige Manipulation, als Härtung, Einschneiden des Gewindes zur Aufnahme des Kupferbandes, Aufpressung des

Kupferbandes u. s. w. u. s. w. bleibt wie bei der gewöhnlichen Herstellungsart dieselbe.*)

Die Thomson Welding Co. hat für die fabriksmässige Herstellung von Projectilen einen Apparat construirt, welcher in Fig. 132 ersichtlich ist. Am oberen Theile der Maschine befinden sich vier parallel geschaltete Transformatoren, deren secundäre Spule aus einem [-förmigen Kupfergusstück besteht, in dessen hohlem Raume die primäre Spule eingebettet ist. Diese beiden Spulen sind umrahmt von der Eisenmasse der Transformatoren, welche aus dünnen Eisenblechen besteht. Es werden vier Transformatoren angewendet, um eine ungleichmässige Erhitzung des Projectils zu vermeiden. Die Zusammenstauchung der Arbeitsstücke geschieht mittelst einer hydraulischen Presse, deren Cylinder, Rohrleitung und Manometer in der Illustration Fig. 132 (Seite 216) ersichtlich sind.

Die Figuren 133, 134, 135, 136 zeigen uns die Zusammenstellung der Arbeitsstücke. *A* ist der Kopf, *B* das Mittelstück und *C* die Base des Projectils, *D* ist das Kupferband. Fig. 133 und 134 beziehen sich auf eine gewöhnliche Granate, 135 und 136 auf eine panzerdurchbohrende Granate.**)

Zur Herstellung der mit Draht umwundenen Kanonenrohre (beispielsweise der Crozier-Type) wird

---

*) Siehe »Electric Welding applied to the manufacture of projectiles«. Paper read by Lieut. Wood, U. S. N., before the Society of Arts, Institute of Technology, Boston, October 23, 1890.

**) Siehe »L'Industria« Vol. V. Nr. 30 vom 26. Juli 1891 »Applicazione della saldatura elettrica alla fabbricazione dei proiettili, per Hollis French.«

in Amerika ein Draht von 40 Qu.-Zoll Querschnitt, 180.000 Pfund Bruchgewicht und 100.000 Pfund Elasticitätsgrenze verwendet. Derselbe muss in seiner ganzen Länge aus einem einzigen Stücke bestehen. Der Draht wird über ein Stahlrohr gewunden. Die Verbindungen der einzelnen Drahtstücke zu einer einzigen Länge geschieht mittelst des elektrischen Schweissverfahrens.

Fässer.

Das Schwelmer Eisenwerk, welches die Benardosschen Interessen in Deutschland vertritt, stellt mittelst des elektrischen Schmelzverfahrens schmiedeeiserne Lager- und Versandtfässer für Glycerin, Benzin, Aether, Oele, Ammoniak, Anilin, Spiritus, Petroleum, Carbol-, Arsenik- und Schwefelsäure etc. her. Die Fabrik garantirt die Dichtigkeit bei $1^1/_2$ Atmosph. Druck. Die Fässer sind aus Blech gemacht und innen verzinnt. Wie die Directoren des Eisenwerkes sagen, hat sich das elektrische Verfahren in der Abtheilung für Blechfabrikation gegenüber der bisherigen Nietung sowohl in Bezug auf Dichtigkeit und Schönheit, als auch hinsichtlich Festigkeit der Schmelzstelle ganz gut bewährt. Nähere Angaben über die Anwendung des Verfahrens wurden uns verweigert.

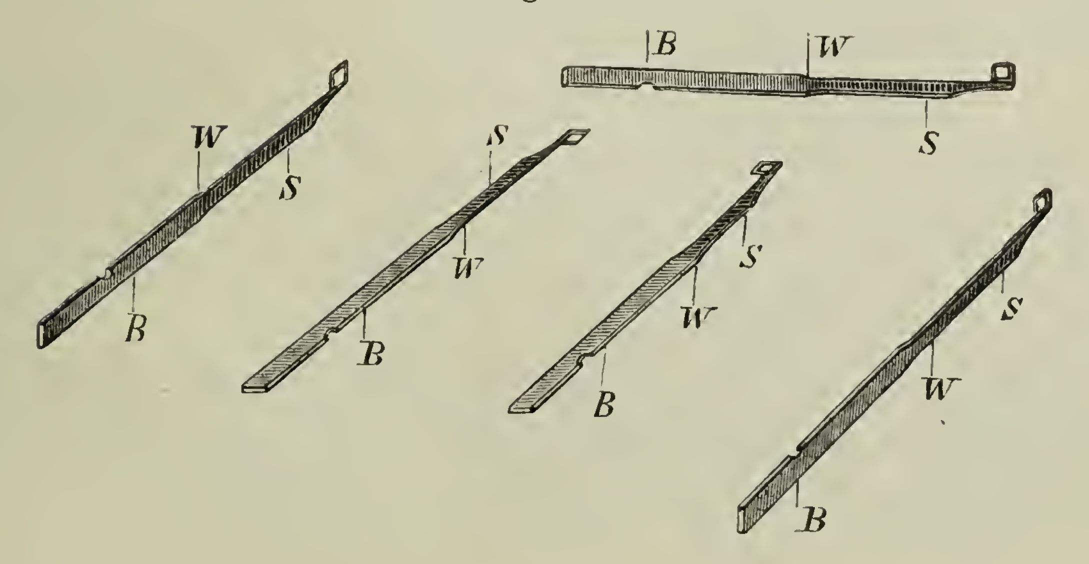
Buchdruck-Maschinen.

Die Roger's Typograph Co. in Cleveland bedient sich des elektrischen Schweissverfahrens, um eine Messing-Matrize mit einer Stahlstange zu verbinden.

wie solche in Typen-Setzmaschinen gebräuchlich sind. Der Apparat gehört in die Gattung der gewöhnlichen automatischen Maschinen, nur ist er für den in Rede stehenden Zweck mit besonders angefertigten Vorrichtungen versehen, welche als Führung der Arbeitsstücke dienen. Eine derselben hat einen Spielraum von vier Zoll, die andere von vierzehn Zoll für die verschiedenen Längen der Stangen. Wie aus der beigefügten Illustration (Fig. 137) ersichtlich ist, wird das Messingstück durch eine einfache Schraube *S* (links) gegen die Schweissstelle geschoben. Die Stahlstange (rechts) wird durch einen Gleitcontact *G* festgehalten, welcher längs einer endlosen Schraube *E* fortbewegt werden kann. Mittelst dieser Anordnung wird grosse Genauigkeit bei der Schweissung erzielt. In Fig. 138 sind Specimen von auf diese Art geschweissten Artikeln ersichtlich. ($B =$ Messing, $S =$ Stahl, $W =$ Schweiss-Stelle.) Mit dem Apparate werden achthundert Schweissungen im Tage gemacht.

Fig. 137.

Fig. 138.



Die Eignung verschiedener Metalle für elektrische Bearbeitung.

Eisen.

Gusseisen. Die elektrische Bearbeitung des Roheisens geschieht zumeist durch das Schmelzverfahren, welches hauptsächlich zur Verkittung von Rissen und Sprüngen verwendet wird. Durch eine Combination des Löth- und Schmelzverfahrens können Stücke aus anderen Metallen auf fertige Gussstücke aufgeschmolzen werden. Das Schweissverfahren wird angewendet bei Spiegeleisen und schmiedbarem Guss und zwar bei der Fabrikation von Waggonrädern, Projectilen, Werkzeugen, Maschinenbestandtheilen u. s. w.

Schmiedeeisen ist bekanntlich jenes Metall, welches den höchsten Grad von Schweissbarkeit aufzuweisen hat. Mittelst des elektrischen Verfahrens kann es auch mit anderen Metallen erfolgreich zusammengeschweisst werden.

Eisen mit Stahl ist eine der in der Industrie wichtigsten Verbindungen. Die Schweissstelle besitzt grosse Zugsfestigkeit; eventuelle Brüche einer solchen Verbindung kommen gewöhnlich im Eisen vor.

Eisen und Messing lässt sich anstandslos auf elektrischem Wege zusammenschweissen. Nicht so:

Eisen mit Kupfer, deren Verbindung bis jetzt noch immer Mängel aufzuweisen hat, die man jedoch zu beseitigen hofft.

Eisen mit Neusilber bildet gute Verbindungen.

Das elektrische Schweissverfahren wurde bis jetzt hauptsächlich angewendet zur Zusammenschweissung von Bandeisen, Dreikanteisen, Quadrateisen, Sechskanteisen, Achtkanteisen, Rundeisen, Winkeleisen, T- und E-Eisen, Röhren, Walz- und Stangendrähten, gezogenen Drähten, Drahtseilen und Litzen, Schienen, Wellen; zur Vernietung, zur Façonzieherei, zur Fabrikation von Schrauben, Bolzen u. s. w.

Stahl. Der Stahl lässt sich gleich dem Schmiedeeisen im glühenden Zustande schneiden und schweissen, nur ist er dabei vorsichtiger zu behandeln, um eine Entkohlung zu vermeiden. Die Schweisstemperatur des Stahles ist niedriger als jene des Eisens. Wenn der elektrische Schweissprocess angewendet wird, müssen die Arbeitsstücke mit viel grösserer Kraft aneinander gepresst werden, als bei Eisen, weil Stahl in erhitztem Zustande nicht so weich wird, wie Eisen.

Die Schweisstemperatur des Stahles liegt nicht weit vom Verbrennungspunkt. Es muss daher mit Vorsicht vorgegangen werden, damit einerseits die Schweissstelle nicht verbrenne und andererseits die Schweissung eine vollkommene werde. Feinere Qualitäten von Gussstahl verlangen besondere Vorsicht beim Schweissen.

Fig. 132.

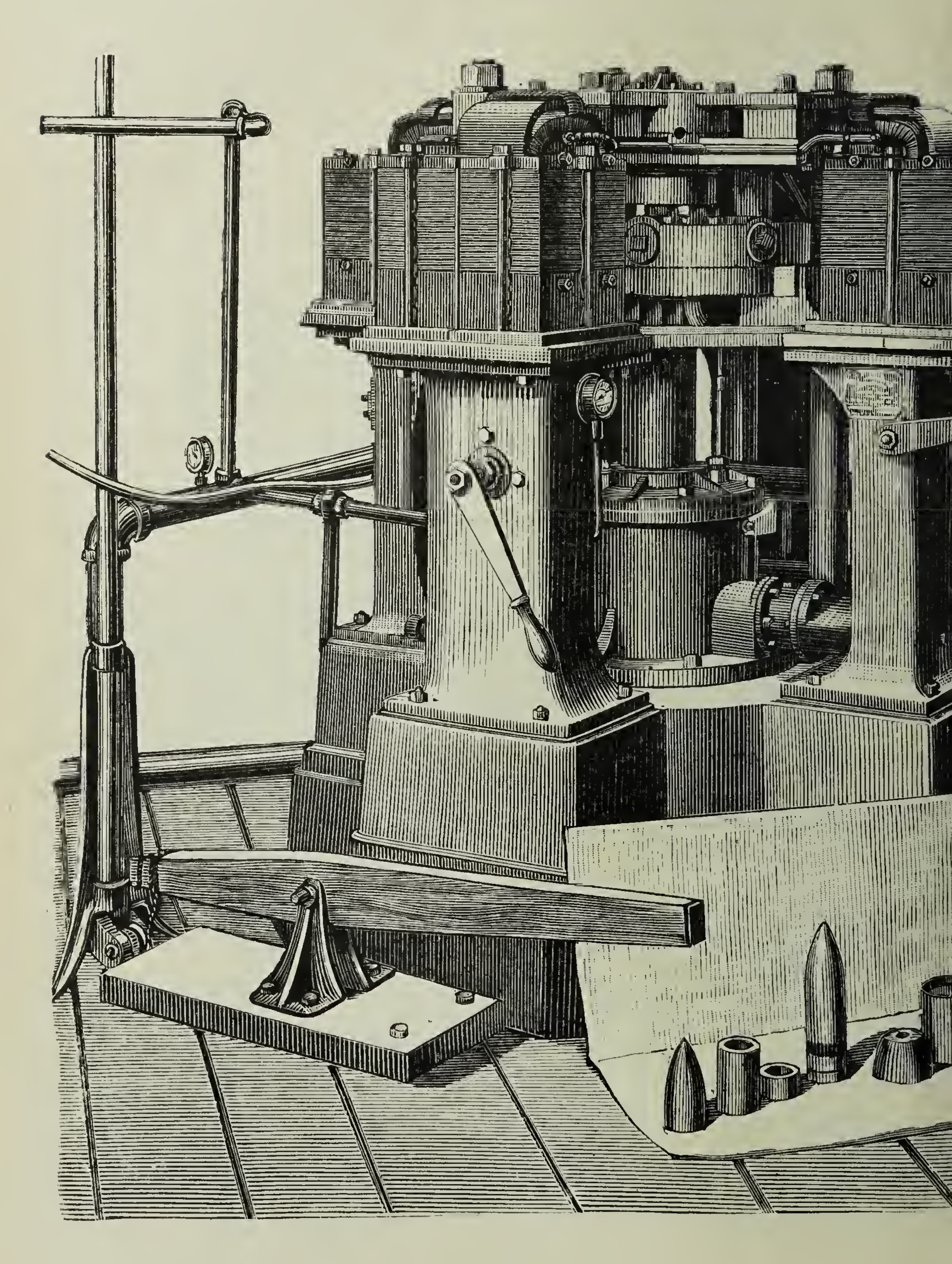


Fig. 133.

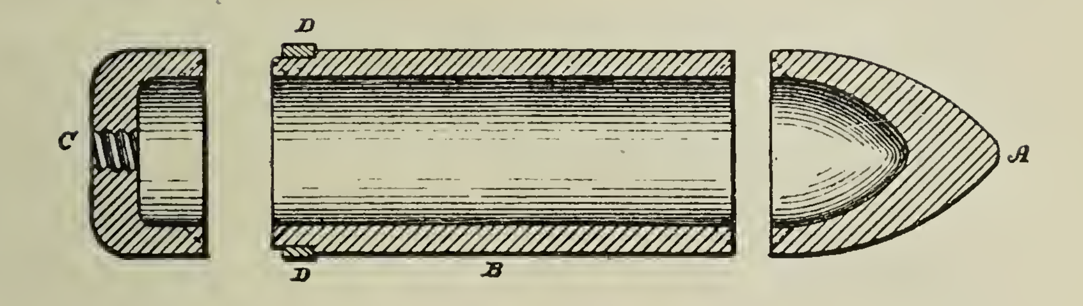


Fig. 134.

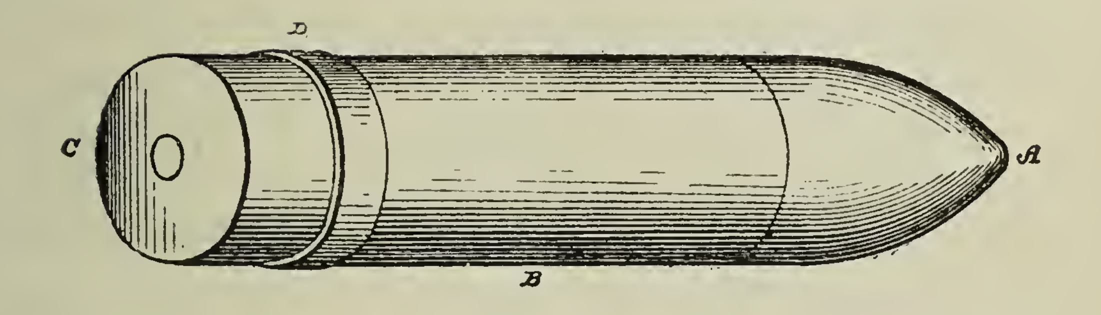


Fig. 135.

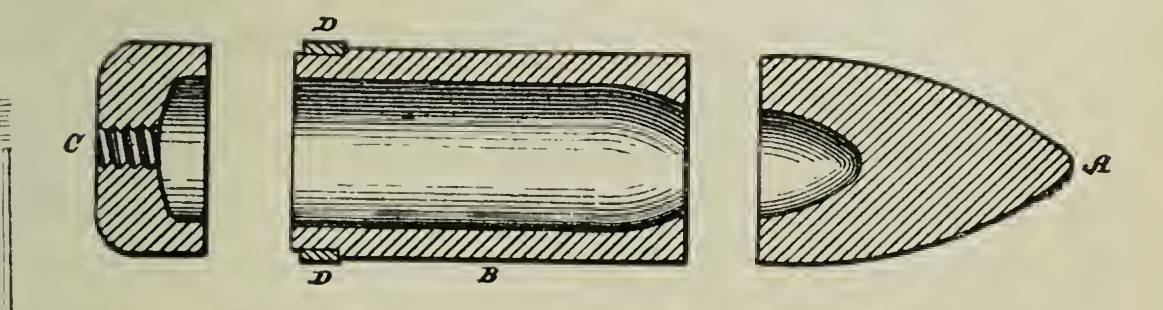
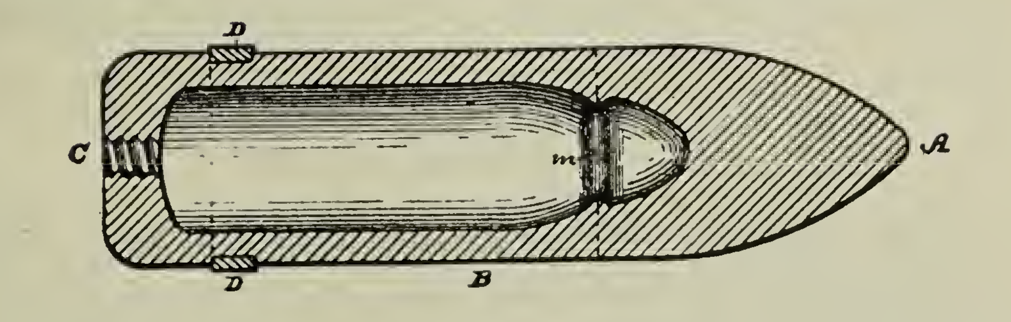


Fig. 136.



Weicher Stahl kann ohne Schwierigkeiten elektrisch geschweisst werden, ebenso Werkzeugstahl. Auf elektrischem Wege hergestellte Schweissungen von Werkzeugstahl haben geringere Festigkeit als das unbearbeitete Metall, doch beträgt sie noch immer 80—85 Procent des unbearbeiteten Materials. Die Festigkeit der Verbindungsstelle kann durch Hämmern derselben (so lange sie sich noch auf Schweisstemperatur befindet) erhöht werden.

Stahl kann mit Eisen erfolgreich auf elektrischem Wege verbunden werden.

Die Temperatur, bei welcher das Metall hergestellt wurde, ist von grossem Einfluss auf sein Verhalten bei der Schweissung. Flusseisen, welches zu kalt gegossen wurde, ist in erhitztem Zustande schwer zu behandeln. Wenn Schmiedeeisen gelegentlich der Schweissung schwammig wird, so zeigt dies, dass es eine Veränderung seines Zustandes erlitten hat, welche nach der Abkühlung des Metalls verbleibt. Elihu Thomson schreibt diese Veränderung dem Umstande zu, dass das fragliche Eisen zu einer niedrigeren Temperatur hergestellt wurde, als jene, welcher es zuletzt unterworfen wurde. Durch die Erhitzung wurde das zwischen den Sehnen oder in der Substanz befindliche Wasserstoffgas frei gegeben, wodurch die schwammige Beschaffenheit des Metalls ihre Erklärung findet.

Kupfer.

Das Kupfer hat hohe Leitungsfähigkeit sowohl für Elektricität wie für Wärme. Es wird also der für elektrische Bearbeitung von Kupfer nöthige Kraftauf-

wand für einen gegebenen Querschnitt weit bedeutender sein, wie jener für Metalle von geringerer Leitungsfähigkeit. Die erzeugte Wärme verliert sich leicht durch Fortleitung. Infolge des geringen elektrischen Widerstandes des Metalls benöthigt man auch eine grössere Stromintensität, um es zu erwärmen. Dieser Umstand wird zum grossen Theile dadurch wettgemacht, dass Kupfer eine sehr geringe Stromspannung benöthigt, und zwar weniger als ein Volt an der Schweissstelle. Durch Regulirung der Spannung kann der Energieverlust, welcher durch Ausstrahlung und Fortleitung der Wärme statt hat, auf einen mässigen Procentsatz der gesammten Energie herabgemindert werden.

Kupfer wird weich, bevor es schmilzt und kann heiss geschmiedet werden. Es können daher elektrische Schweissungen ohne wirkliche Verschmelzung der Arbeitsstücke gemacht worden.

Das elektrische Schweissverfahren wird gegenwärtig vorzugsweise angewendet: zur Vereinigung von Barren und Stangen, von runden und façonnirten Drähten, von Seilen und Litzen aus Drähten, von Röhren, ferner zur Herstellung von Rohrspiralen für Rectifications-, Destillationsapparate, Vacuumapparate, Bierfiltrir- und Abfüllapparate u. s. w.

Kupferlegirungen.

Der Coëfficient der aus der Erhöhung der Temperatur resultirenden Erhöhung des elektrischen Widerstandes ist in Legirungen viel geringer als in ein-

fachen Metallen. Die Leitungsfähigkeit der Legirungen für Wärme ist geringer als jene des Eisens. Messing von gewöhnlicher Composition scheint vor dem Schmelzen gar nicht weich werden zu wollen. Zusammenfügungen von Messingstücken zeigen theilweise ein Verschmelzen derselben. Mehrere Bronzen und besonders Aluminiumbronze, zeigen etwas Geschmeidigkeit, bevor sie schmelzen.

Messing. Gewöhnliches Messing ist nur in kaltem Zustande hämmerbar und lässt sich strecken, walzen und zu Draht ausziehen; in heissem Zustande erhält es leicht Brüche und Risse. Schmiedbares Messing lässt sich sowohl in der Hitze wie in der Kälte bearbeiten. Es hat einen niedrigeren Schmelzpunkt wie Kupfer. Bei der Zusammenschweissung von Messing mit Messing variiren die Bedingungen für das Gelingen der Operation mit der Natur und den Bestandtheilen der Legirung. Es muss hier bemerkt werden, dass Messing einen viel grösseren Stromaufwand erfordert als Eisen von gleichem Querschnitt, obwohl der specifische elektrische Widerstand von kaltem Eisen beinahe der gleiche ist, wie jener des Messings, und diese Legirung viel leichter schmelzbar ist, als Eisen.

Der grössere Stromaufwand für Messing und ähnliche Legirungen (wie z. B. Neusilber) findet seine Erklärung darin, dass sich der Widerstand derselben mit Zunahme der Temperatur nur wenig erhöht, während der Widerstand des Eisens bei Schweisstemperatur mehremale grösser ist, als jener des in kaltem Zustande befindlichen Metalls.

Die Bronzen unterscheiden sich, was ihr Verhalten gegen das elektrische Schweissverfahren betrifft, nur wenig vom Messing. Drähte, Seile und Litzen aus Bronzedrähten werden leicht mit einander vereinigt.

Andere Legirungen. Von anderen Kupferlegirungen haben sich besonders Kupfer-Eisen, Kupfer-Mangan und Kupfer-Nickel leicht bearbeiten lassen. Dasselbe gilt von den Legirungen Kupfer-Nickel-Zink als: Pakfong, Maillechort, Neusilber, Alfenide u. s. w.

Gold.

Es gehört zu den schweissbaren Metallen und kann auf elektrischem Wege mit ausgezeichnetem Erfolge bearbeitet werden. Die im Goldschmiedgewerbe möglichen Anwendungen der elektrischen Schweissung sind so vielfältige, dass es gewisse Schwierigkeiten verursachte, einen Apparat zu construiren, welcher allen Anforderungen entsprach. Ein solcher ist nun vorhanden und es können mit demselben nicht nur Stücke verschiedener Form und Grösse zusammengeschweisst, sondern auch zusammengelöthet werden. Ferner giebt es automatische Apparate zur Massenherstellung von gewissen Artikeln, als Ketten, Ringen, Oesen u. s. w.

Silber.

Dieses Metall und seine Legirungen sind mit Erfolg mittelst des elektrischen Schweissverfahrens bearbeitet worden, und zwar bei Herstellung von chirur-

gischen Instrumenten, Ringen, Ketten und anderen Façon-Artikeln. Auch bei Löthungen wird das elektrische Verfahren mit Leichtigkeit angewendet.

Platin.

Ist bekanntlich ein schweissbares Metall und kann mittelst des elektrischen Verfahrens viel leichter bearbeitet werden, als mit Anwendung des gewöhnlichen.

Das Zusammenschweissen zweier Platinstücke auf gewöhnlichem Wege ohne Anwendung der Elektricität, ist eine sehr schwierige Arbeit, indem das Platin die Eigenschaft besitzt, die aufgenommene Wärme mit der grössten Raschheit wieder abzugeben und soweit abzukühlen, dass die beiden Metallstücke nicht mehr weich genug sind, um verbunden werden zu können. Die Abkühlung erfolgt so rasch, dass man sich mit dem Zusammenfügen der glühenden Stücke möglichst beeilen muss.*) Beim elektrischen Verfahren hingegen wird die Temperatur constant erhalten und die Schweissung kann rasch und ruhig vor sich gehen.

Bis jetzt bedienen sich blos die Bijoutiers der Elektricität, um Platin mit anderen Metallen zusammenzulöthen, während das eigentliche Schweissverfahren noch nicht recht zur praktischen Anwendung gekommen ist. Das letztere soll sich besonders zur Bearbeitung von Blechen und Drähten eignen, und zwar zur Herstellung von Ketten, Kapseln, Dosen, Pincetten, Instrumenten u. s. w.

---

*) Siehe Band LXXIII der Chemisch-Technischen Bibliothek, A. Hartleben's Verlag: »Das Löthen und die Bearbeitung der Metalle.« Von Edmund Schlosser.

Palladium.

Wird ebenfalls als schweissbares Metall angesehen. Wurde bis jetzt blos im Laboratorium mittelst des elektrischen Schweissverfahrens behandelt.

Blei.

Die Schweisstemperatur dieses, wie aller leichtflüssigen Metalle ist schwer zu bestimmen, weil sie nicht, wie beispielsweise beim Eisen, von Lichterscheinungen begleitet ist. Blos das Weichwerden oder das Schmelzen geben Auskunft über den Temperaturgrad des erhitzten Metalls. Es muss daher bei der Stromregulirung mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden.

Das elektrische Schweissverfahren wird hauptsächlich zur Vereinigung von Rohrstücken angewendet. Die erzielte Vereinigung ist gut und sicher. Es ist eigentlich ein Zusammenschmelzen oder Löthung von Blei mit Blei, welche statthaben. Am besten ist es, die Enden der Arbeitsstücke abzuschärfen oder schneideförmig zu gestalten, so dass sie der Schmelzwirkung des Stromes einen geringeren Querschnitt bieten, als jenen, welchen sie eigentlich besitzen. Nachdem Blei und seine Legirungen sowohl Wärme als Elektricität schlecht leiten, können grosse Querschnitte mit verhältnissmässig weniger Stromaufwand behandelt werden, als dies z. B. bei Kupfer nöthig wäre.

Antimon und Wismuth.

Versuche im Laboratorium haben ergeben, dass sich das elektrische Schweissverfahren auch auf diese

spröden, undehnbaren Metalle anwenden lässt. Da die letzteren in der Metallindustrie nie in reinem Zustande, sondern nur als Legirung mit anderen Metallen verwendet werden, hatten diese Versuche auch keinen praktischen Zweck, sondern sollten blos dazu dienen, die Anwendbarkeit des elektrischen Verfahrens auf alle Metalle nachzuweisen.

Zink und Zinn.

Beide Metalle (besonders aber Zinn) bieten dem elektrischen Schweissverfahren keine Schwierigkeiten, doch kommt man selten in den Fall, dieses Verfahren auf sie anwenden zu müssen. Vorläufig beschränkt sich die elektrische Bearbeitung dieser Metalle darauf, Stücke derselben (zumeist in Blechform) mittelst eines Stromes zu erhitzen und sie für nachfolgende Operationen biegsam zu machen. Einzelne Stücke werden auch mittelst Elektricität aneinander geschmolzen, wenn der gewöhnliche Handwerksvorgang nicht angewendet werden kann, weil die Löthung eine autogene sein soll.

Aluminium.

Der Schmelzpunkt liegt bei etwa 700°. Es erträgt Glühhitze, ohne sich beträchlich zu oxydiren, doch bildet sich auf der Oberfläche ein dünnes Häutchen von Thonerde, das beim Schmelzen die Vereinigung der Metalltheilchen erschwert. Die elektrische Bearbeitung dieses Metalls verlangt dieserhalb besondere Vorsicht, bietet jedoch keine Schwierigkeiten, wenn die Operation mittelst eines automatischen Apparates ausgeführt wird, in welchem nichts dem Zufall anheim-

gestellt wird. Die auf elektrischem Wege hergestellten Verbindungen von Aluminiumstücken sind ausserordentlich dicht und fest.

Magnesium.

Schmilzt nahe dem Schmelzpunkt des Zinks (etwa bei 408°); etwas oberhalb des Schmelzpunktes entzündet es sich und verbrennt. Dieses Metall ist im Laboratorium mit gutem Erfolge auf elektrischem Wege bearbeitet worden, obwohl es sich in erhitztem Zustande mit einer starken Oxydkruste bedeckt.

Nickel.

Das elektrische Schweiss-Verfahren ist für dieses Metall besonders geeignet. Es ermöglicht eine ausgedehntere industrielle Herstellung von Gegenständen aus reinem Nickel, als dies bisher geschah, weil es nicht nur zum Schweissen, sondern auch zum Schmelzen dieses Metalles verwendet werden kann. Bekanntlich war der hohe Schmelzpunkt des Nickels bislang ein Hinderniss für die Anwendung des reinen Metalls und kamen in der Industrie blos Nickel-Legirungen vor.

Anwendung von Fluss- oder Löthmitteln.

Obwohl mittelst des elektrischen Verfahrens zwischen den meisten Metallen Verbindungen hergestellt werden können, ohne dass das Metall hiebei in Fluss geräth, bleibt es dennoch richtig, dass manchmal ein Flussmittel oder Schweisspulver zur Erzielung eines guten Resultates nothwendig ist, besonders bei jenen Metallen, deren Oxyde bei der Schweisstemperatur

noch nicht ins Schmelzen gerathen. Man soll Flussmittel z. B. bei Messing anwenden, dessen Schweisstemperatur niedriger ist, als die Schmelzpunkte von Kupfer- und Zinkoxyd, während ein Flussmittel bei Kupfer nicht nothwendig ist, dessen Schmelzpunkt über jenem seines Oxydes liegt. In ähnlicher Weise ist die Temperatur, bei welcher das Eisenoxyd auf der Oberfläche einer Stange schmilzt, viel niedriger, als die Schweisstemperatur von weichem Eisen, während bei derselben Temperatur Werkzeugstahl verderben würde. Der letztere benöthigt daher ein bei einer richtigen Temperatur schmelzendes und die Ankrustung (Abbrand) auf lösendes Flussmittel. In den meisten Fällen ist die luftabschliessende Wirkung eines Flussmittels auch nützlich um Oxydation zu verhüten.

Es giebt eine Eigenthümlichkeit des elektrischen Schweissprocesses, welche denselben auch dann anwendbar macht, wenn die Metalle mit Oxyden bedeckt sind, deren Schmelzpunkt höher ist, als jener der Metalle. Diese Eigenthümlichkeit ist die expulsive Kraft, welche angewendet wird, um seitlich von der Schweissstelle Metall abzulösen und dadurch unoxydirte reine Flächen bei Schmelztemperatur in Contact zu bringen. Als Beispiel sei Aluminium angenommen. Das Haupthinderniss für das Löthen oder Schweissen von Aluminium ist diese Aluminahaut, welche sich an seiner Oberfläche bildet, wenn es erhitzt wird und welche es wohl vor weiterer Oxydation bewahrt, es aber zugleich verhindert, sich mit anderen Metallstücken zusammenzufügen. Das Alumina ist nur bei den höchsten Temperaturen schmelzbar, während das Metall ungefähr bei

Rothglühhitze schmilzt. Wenn nun zwei Aluminiumstücke, sobald sie geschmeidig geworden sind, kräftig zusammengestossen werden, so werden die oxydirten Oberflächen ausserhalb der Schweissstelle bersten, und das neue Metall in dem Innern der Stücke wird in möglichst reinstem Zustande zusammentreffen und sich verbinden. Die Unebenheiten der Schweissstelle können dann später mit geeigneten Werkzeugen entfernt werden.

Anhang.

Albert M. Bullard, welcher seit dem Beginne der industriellen Entwicklung des elektrischen Schweiss-Verfahrens auf diesem Felde gearbeitet und besonders mit Draht-Schweissungen die ausgedehntesten Versuche angestellt hat, war so gütig, uns seine diesbezüglichen langjährigen Erfahrungen zur Verfügung zu stellen und dieselben für dieses Buch niederzuschreiben. Im Nachfolgenden geben wir die Ausführungen Bullard's nach dem englischen Texte wortgetreu wieder.

Schweissungen von Kupferdraht.

Bevor es noch automatische Apparate zur Schweissung von Drähten aus Kupfer und anderen Metallen gab, hing die Vollkommenheit der Verbindung, welche zwischen zwei Drahtstücken hergestellt wurde, blos von der Geschicklichkeit des betreffenden Arbeiters ab.

Diese Ungewissheit über das Endresultat einer vorzunehmenden Schweissung wurde durch die automatischen Schweissapparate beseitigt.*) Diese letzteren

*) Es ist hier, sowie im ganzen Verlaufe dieser Abhandlung nur von Thomson'schen Apparaten die Rede.

sind mit starken regulirbaren Federn versehen, welche die Drahtenden gegeneinander pressen, und ein Ausschalter unterbricht den Stromkreis im selben Augenblicke, in welchem die Schweissung thatsächlich vollendet ist.

Dies war ein grosser Fortschritt, welcher es möglich machte, gute und gleichförmige Schweissungen zu einem verhältnissmässig billigen Preise zu erzielen.

Während langer Zeit schweisste man Kupferdrähte, welche nicht mehr als drei achtel Zoll Durchmesser hatten. Als man aber Maschinen zur Schweissung von halb- und ganzzölligen Drähten auf den Markt brachte, ergab sich, dass der Erzielung guter gleichförmiger Schweissungen grössere Hindernisse im Wege standen.

Wenn dünne Kupferdrähte an einander geschweisst werden, geht die Vereinigung der beiden so rasch vor sich, dass die erhitzten Enden kaum Zeit haben, zu oxydiren, während bei dicken Drähten vorauszusehen ist, dass während der längeren Zeit, die zu ihrer Schweissung nothwendig ist, eine gewisse Oxydation statthaben werde.

Die Schweissung von Kupfer ist eigentlich ein rasches Zusammenschmelzen der Arbeitsstücke. Für grössere Querschnitte musste ein Hammer angewendet werden, dessen Zweck es war, die faserige Structur und die Festigkeit des Metalles nahe an der Schweissung wieder herzustellen. Dies erscheint leicht ausführbar, doch verging geraume Zeit, bevor ein entsprechender Hammer in Gebrauch kam.

Das Hämmern der Schweissung hatte guten Erfolg. Grössere Schweissungen erhalten durch diese

Operation eine derartige Festigkeit, dass sie die Probe des Ausziehens zu geringerer Dicke, ganz gut bestehen.

Die Schweissungen werden für den Drahtzieh-Apparat folgendermassen hergerichtet:

1. Die Schweissung findet auf automatischem Wege statt. (Bei grösseren Querschnitten werden die Enden mittelst hydraulischen Druckes an einander gepresst.)

2. Die Aufstauchung (burr, upsets) wird durch Abschaben beseitigt.

3. Die Schweissung wird durch den elektrischen Strom bis zu Kirschroth in's Glühen gebracht und dann auf den richtigen Querschnitt gehämmert.

Alle diese Vorgänge gehen in etwas mehr als einer Minute vor sich.

Dünne Drähte benöthigen nach geschehener Schweissung keiner nachträglichen Behandlung. Der Schreiber dieses hat einmal in einer amerikanischen Fabrik eine ganze Reihe von ungehämmerten Schweissungen mit Drähten gemacht, welche ein Zehntel Zoll Durchmesser hatten.

Dieselben wurden später zu einem Durchmesser von drei Tausendstel Zoll ausgezogen, ohne zu brechen. Dies beweist wohl zur Genüge, wie fest die Enden mit einander vereinigt waren. Versuche über Zugsfestigkeit haben natürlich auch gute Resultate ergeben.

Um die elektrische Leitungsfähigkeit zu erproben, wurden in kurzen Längen von Kupfer- und Eisendrähten eine Anzahl von Schweissungen an einander gereiht. Die Leitungsfähigkeit dieser Stücke wurde mit jener von Drähten gleicher Länge und gleichen Materials verglichen, in welchen keine Schweissung vorkam. Die

vergleichenden Versuche ergaben gleiche Leitungsfähigkeit für beide.

Schweissung von Stahl- und Eisendraht.

Die Schweissung von Eisen- und Stahldraht ist so leicht auszuführen, dass wenig über dieselbe zu sagen bleibt. Auch für diese Gattung von Drähten sind automatische Apparate im Gebrauch, deren Bedienung Jedermann anvertraut werden kann.

Schweissungen von Drähten aus niedergradigem Stahl, z. B. Bessemerstahl, unterscheiden sich nur wenig von jenen, welche mit Eisendrähten hergestellt werden. Stahldrähte mit hohem Kohlengehalte erfordern natürlich besondere Aufmerksamkeit. Es wird immer etwas vom Kohlengehalte verloren gehen. Früher glaubte man, der elektrische Strom übe eine krystallisirende Wirkung auf den Stahl aus. Doch wurde leicht erwiesen, dass die Wärmewirkung des elektrischen Stromes sich von jener, welche durch ein gewöhnliches Feuer hervorgebracht wird, nicht unterscheidet, wenn hiebei blos die Veränderung des Aggregatzustandes des Metalles in Betracht kommt. Die Art der Erhitzung aber ist, wenn sie durch den elektrischen Strom hervorgebracht wird, eine viel gleichmässigere, als jene, welche durch ein Schmiedefeuer hervorgebracht werden könnte.

Schweissungen von hochgradigem Stahl werden bei einer nicht zu intensiven Weissglühhitze gemacht. Der Process muss sehr schnell von statten gehen und

geschieht die Zusammenstauchung der Arbeitsstücke mit bedeutender Kraft. Die Schweissung wird, wie bei Kupferdraht, wieder erwärmt und gehämmert, doch wird die Aufstauchung nicht abgeschabt, sondern mit dem Draht verhämmert.

In früheren Zeiten hatte man Flussmittel angewendet, doch geschieht dies heute nur mehr selten bei stark kohlenhältigen Drähten, während bei niederen Stahlgraden, bei Eisen und anderen Metallen, das Fluss- oder Löthmittel gänzlich entfällt. Die gehämmerte Schweissung wird in rothglühendem Zustande aus den Klammern entfernt und langsam in der Luft abgekühlt.

Alle Schweissungen, mit Ausnahme jener stark kohlenhaltiger Drähte, können ausgezogen werden. Der Schreiber dieses hat in einem Bund Bessemer-Stahldraht eine Reihe von hart aneinander liegenden Schweissungen gemacht, deren Durchmesser $^{15}/_{100}$ Zoll betrug. Der Draht wurde auf $^{1}/_{100}$ Zoll Durchmesser ausgezogen und der Bund blieb intact.

Hochgradiger Stahldraht wird meist für Kabel verwendet. Wenn grosse Längen Kabel fertig gedreht sind, werden die neuen Rollen Drahtes an die Enden der zusammengedrehten mittelst des elektrischen Verfahrens zusammengeschweisst.

Schweissung von Drähten aus Siliciumbronze und ähnlichen Compositionen.

Bevor man noch auf die Hämmerung der Schweissstelle verfallen war, hat Schreiber dieses mit Drähten

aus Siliciumbronze Schweissversuche angestellt, welche guten Erfolg hatten. Das Metall zeigt ein ähnliches Verhalten wie Kupfer und Messing. Bei späteren Versuchen wurde die Aufstauchung theilweise abgeschabt und die Schweissstelle in kaltem Zustande gehämmert. Die mit Anwendung dieses Verfahrens erzielten Proben zeigten annähernd dieselbe Zugsfestigkeit und Härte wie jene des unbearbeiteten Metalls. Die Versuche waren mit Drähten angestellt worden, welche als oberirdische Leiter für eine elektrische Tramway zu dienen hatten.

Noch bessere Resultate wurden erzielt, wenn die Schweissstelle in warmem Zustande gehämmert wurde. Nachdem das exacte Verhältniss der Bestandtheile von Siliciumbronze in den Vereinigten Staaten geheim gehalten wird, kann Schreiber dieses nicht viel über die Veränderung berichten, welche das Metall durch die Schweissung erfährt. Brüche nahe der Schweissstelle zeigen dasselbe faserige Aussehen, wie Brüche an unbearbeitetem Metall, nur die Farbe der beiden ist etwas verschieden.

Schweissungen von Drähten aus Messing, Neusilber, Aluminiumbronze und reinem Aluminium sind mit gutem Erfolge ausgeführt worden. Für diese leicht schmelzbaren Metalle ist ein automatischer Schweissapparat unbedingt nothwendig. Besonders Messingdrähte werden häufig elektrisch verschweisst und können nach geschehener Operation zu jedem beliebigen Durchmesser ausgezogen werden.

Schweissung von Stahldrahtseilen.

Das Seil, welches von dem Autor geschweisst wurde, gehört einer »locked rope« genannten Gattung an. Dasselbe ist englischer Erfindung und wird in England und Amerika fabriksmässig hergestellt. Der Autor hat mit der Schweissung dieses Seiles mehrere Monate andauernde Versuche angestellt.

Das Seil sollte für eine Strassenbahn verwendet werden, was ohne elektrische Schweissung nicht möglich erschien. Man kann sich aus einem Querschnitt dieses Kabels von der Unmöglichkeit der Anwendung einer anderen Verbindungsart überzeugen. Die Drähte liegen so hart an einander, dass zwischen denselben kein wahrnehmbarer Zwischenraum existirt. Die innerste Litze oder Seele besteht aus einem Bündel dünner runder Drähte. Hier kann man noch von einem Zwischenraum sprechen. Um diesen Strang herum befindet sich, in entgegengesetzter Richtung gewunden eine Lage von Drähten, welche keilförmig geformt sind und an einander schliessen, wie Gewölbsteine. Um diesen festen Kern wird eine doppelte Lage von Drähten gewunden. Zuletzt kommt noch eine Panzerung bestehend aus ineinander greifenden **S** - förmigen Drähten, welche in entgegengesetzter Richtung zu ihren Unterlagen gewunden sind. Das Ganze bildet ein starkes, compactes, bewegliches Seil. Einige von den Drähten sind aus hochgradigem, andere aus niederem Stahl.

Es galt nun, alle diese Drähte derart zusammenzuschweissen, dass hiebei die ursprüngliche Zugsfestig-

keit erhalten bleibe, ohne dass die Beweglichkeit des Seiles Schaden leide.

Als die erste Schweissung vollzogen war, ergab sich, dass es erstens nothwendig war, das Auseinandergehen und Aufsträuben der Drähte zu verhindern, und dass zweitens der elektrische Strom auf eine derartige Weise zugeführt werden müsse, damit jeder Draht gleichmässig erhitzt werde.

Zu diesem Behufe werden die Seilenden zwischen zwei Kupferstücke eingezwängt, deren innere Aushöhlung sich dem Seilumfange enge anschloss. Der Strom wurde jeder Hälfte dieser Backen getrennt zugeführt, so dass jedes Seilende von zwei Seiten Strom erhielt. (Ein ähnliches Verfahren findet bei der Schweissung von Röhren statt.) Um das Auseinandersträuben der Drähte zu verhindern, wurden die Seilenden in eiserne Ringe eingezwängt, aus welchen die Drähte gerade so weit hervorragten, als zur Aufstauchung nothwendig war. Die auf diese Weise präparirten Enden wurden glatt abgehobelt und wurden in die erhaltenen glatten Flächen kleine Vertiefungen eingebohrt, welche zwischen jeder Drahtlage ihren Platz hatten. Die Enden werden einander so gegenüber gestellt, dass die correspondirenden Drahtlagen genau auf einander treffen. Die durch das Zusammenpressen der Seilenden entstehende Aufstauchung verliert sich theilweise in die eben erwähnten Vertiefungen, so dass der Durchmesser der Schweissstelle nur um ein geringes grösser wird, als jener des Seiles. Die Schweissung selbst erfordert blos fünf Secunden Zeit, während eine Eisenstange von

gleichem Durchmesser wenigstens eine halbe Minute zur Schweissung erfordern würde.

Der Autor erklärt den letzteren Umstand daraus, dass das Kabel aus, sagen wir, hundert Drähten von 0·125 Zoll besteht. Jeder von diesen Drähten bildet mit dem ihm gegenüber stehenden eine besondere Schweissung, von denen jede blos fünf Secunden erfordert. Der Autor hat verschiedene Versuche angestellt, um die Richtigkeit dieser Annahme zu erweisen. Blos die Seele zeigte ein Verschmelzen aller Drähte mit einander, die übrigen Litzen aber wiesen für jeden Draht eine besondere Schweissung auf.

Nach geschehener Schweissung wurden früher die Eisenringe durch Absägen entfernt, doch werden jetzt die Ringe in zwei Hälften gemacht, welche mit Schrauben zusammengezogen werden. Die geringe Aufstauchung, welche durch die Schweissung entstand, wird abgefeilt oder abgeschabt.

Die Schweissungen werden den genauesten Proben unterzogen, bevor das Seil in Verwendung kommt. Eine gute Schweissung hat wenigstens 90 % der ursprünglichen Zugsfestigkeit des Seiles aufzuweisen. Brüche kommen bei Proben nie an der Schweissstelle selbst, sondern etwa einen Zoll davon entfernt vor. Während einer Probe wurde die zu untersuchende Schweissstelle hundertdreissig Mal hin und her gebogen, ohne zu brechen. Hierauf wurde sie gehämmert und noch mehrere Male gebogen, ohne einen Bruch zu erleiden.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Date Due

